

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 1977

N°

68

**NOUVELLE ETUDE DE LA DIGESTION
DE L'AMIDON CHEZ LES EQUIDES
PAR ANALYSE DU CONTENU DU TUBE
DIGESTIF APRES ABATTAGE**

THESE

présentée

à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD — LYON

(médecine-pharmacie)

et soutenue publique le 19 Décembre 1977

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Ali CHAABOUNI

né le 25 Février 1951

à SFAX (TUNISIE)

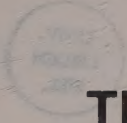
29

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 1977

N°

**NOUVELLE ETUDE DE LA DIGESTION
DE L'AMIDON CHEZ LES EQUIDES
PAR ANALYSE DU CONTENU DU TUBE
DIGESTIF APRES ABATTAGE**



THESE

présentée

à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD — LYON
(médecine-pharmacie)

et soutenue publique le 19 Décembre 1977
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Ali CHAABOUNI

né le 25 Février 1951
à SFAX (TUNISIE)



UNIVERSITÉ D'ALGER - FACULTÉ D'AGRICULTURE

AN 1965

Président de l'Université : Monsieur le Professeur TROST

Vice-Président : Monsieur le Professeur T. ENNAH, M. L. L.

Recteur :

- 1 - Pharmacie et Toxicologie : M. LACROIX
- 2 - Anatomie descriptive - Anatomie - Anatomie appliquée : M. EL DAB
- 3 - Physiologie - Pathologie - Pharmacologie : M. STAL
- 4 - Zoologie - Entomologie - Maladies parasitaires : M. VIANNES
- 5 - Hygiène et maladies des animaux d'élevage : M. FLEURY

NOUVELLE ETUDE DE LA DIGESTION DE L'AMIDON CHEZ LES EQUIDES

- 6 - Pathologie : M. FERRAS
- 7 - Parasitologie et maladies parasitaires : M. EL DAB
- 8 - Pathologie générale et maladies des animaux de laboratoire : M. COUTEREAU

PAR

ANALYSE DU CONTENU DU TUBE DIGESTIF

- 9 - Pathologie chirurgicale : M. DUBOIS
- 10 - Pathologie - Pathologie de la reproduction : M. DUBOIS
- 11 - Pathologie générale - Pathologie : M. DUBOIS
- 12 - Pathologie - Pathologie - Pathologie : M. DUBOIS

APRES ABATTAGE

- 13 - Anatomie appliquée - Anatomie - Anatomie : M. DUBOIS
- 14 - Physiologie et maladies biologiques et médicales : M. DUBOIS
- 15 - Maladies contagieuses - Maladies - Maladies : M. DUBOIS

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE
DE LYON

DIRECTEUR..... Monsieur le Professeur FROGET

DIRECTEURS HONORAIRES..... Messieurs les Professeurs TAPERNOUX, FLORIO

PROFESSEURS

- 1 - Pharmacie et Toxicologie..... M. LONGUE
- 2 - Anatomie descriptive - Extérieur - Anatomie appliquée..... M. BARONE
- 3 - Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie..... M. BOST
- 4 - Histologie - Embryologie - Anatomie pathologique..... M. TISSEUR
- 5 - Hygiène et industrie des Aliments d'Origine Animale..... M. FLACHAT
- 6 - Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores -
Législation Vétérinaire..... M. FONTAINE
- 7 - Parasitologie et Maladies parasitaires..... M. EUZÉBY
- 8 - Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour..... M. COTTEREAU
- 9 - Technique chirurgicale - Pathologie chirurgicale..... M. COULON
- 10 - Obstétrique - Pathologie de la Reproduction..... M. BERTRAND
- 11 - Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie..... M. OUDAR
- 12 - Ethnologie - Zootechnie - Economie Rurale..... M. FROGET
- 13 - Botanique appliquée - Agronomie - Alimentation..... M. WOLTER
- 14 - Physique et Chimie biologiques et médicales.....
- 15 - Maladies Contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire..... M. JOUBERT

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. CHANTEGRELET , DELATOUR, DESCHANEL, JEA-BLAIN, LAPRAS, LE NIHOUANNEN.

MAITRES DE CONFERENCES

MM. BOIVIN, GASTELU, MOUTHON.

MAITRES-ASSISTANTS AGREGES

M. PRAVE.

MAITRES-ASSISTANTS

Mme CHAUVE, MM. FRANCK, FAU, GARNIER, GEVREY, GOUY, KECK, LABE, Melle LAVAL,
M. LEGEAY, Mme RACHAIL, M. RICHARD.

ASSISTANTS

MM. BELLI, BEZEAUD, CHEVRIER, Melle COURSAT, MM. DEGUELLE, DEMONT, DESCOTES,
EUZEBY, Melle FLEURY, GEMIN, MOREAU, MEYNET, PERROTIN, Mme SIMONET, M. SOTTIAUX.

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président :	M. le Professeur LAMBERT de la Faculté de Médecine
Premier assesseur :	M. le Professeur WOLTER de l'Ecole Nationale Vétérinaire
Deuxième assesseur :	M. le Professeur FONTAINE de l'Ecole Nationale Vétérinaire

L'Université Claude Bernard (Médecine - Pharmacie) de LYON et l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.

- A mes parents : que cet humble travail puisse témoigner de la reconnaissance et de l'amour que je leur porte.

- A ma tante Zeineb

- A mes frères et soeurs

- A mon oncle Ahmed

- A tous les miens

- A tous mes amis

A Monsieur le Professeur LAMBERT

de la Faculté de Médecine de Lyon

Qui nous a fait le très grand honneur
de présider notre jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur R. WOLTER

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Nous sommes heureux de lui exprimer ici notre gratitude, tant pour les précieux conseils qu'il nous a prodigué, que pour la confiance qu'il nous a accordé dans l'élaboration de ce travail.

Sincères témoignages de notre admiration et de notre profond respect.

A Monsieur le Professeur M. FONTAINE

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Nous avons toujours apprécié l'étendue de ses connaissances et ses qualités humaines rares.

Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre gratitude et de notre profond respect.

A Mademoiselle A. DURIX

A Madame M. CARCELEN , Madame J. LANDREAU
Laboratoire d'Alimentation et de Nutrition
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon
Pour leur aimable collaboration.

A toutes les personnes de la Chaire d'Alimentation
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.

A tous ceux qui ont bien voulu nous apporter leur
aide dans la réalisation de ce travail.

A TOUS NOS MAITRES DE L'ECOLE DE LYON

NOUVELLE ETUDE DE LA DIGESTION DE L'AMIDON CHEZ LES EQUIDES

PAR

ANALYSE DU CONTINU DU TUBE DIGESTIF

APRES ABATTAGE

INTRODUCTION

Classiquement on étudie la digestibilité pour rendre compte de la digestion, afin de préciser l'efficacité zootechnique et économique de l'aliment. Mais cette étude globale doit être complétée par la connaissance des étapes intermédiaires ; c'est dans ce contexte que se situe notre travail.

Pour cette étude nous avons choisi la méthode de récolte totale après abattage permettant ainsi l'analyse du contenu des différents segments du tube digestif.

En mettant à profit les animaux destinés aux travaux pratiques de la Chaire d'Anatomie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, ainsi que quelques animaux de réformes, grâce à l'amabilité de Monsieur le Professeur BARONE et Monsieur le Professeur FONTAINE, à la suite des travaux de WOLTER et GOUY (1976) (15) nous avons choisi d'étudier le contenu du tube digestif chez les Equidés.

Disposant en grande partie de Chevaux, notre expérimentation a porté surtout sur cette espèce en vue d'étudier le lieu de digestion de quelques constituants de la ration. Nous avons pu faire également la comparaison entre le Cheval et le poney pour un même aliment, et aussi apprécier l'influence de la présentation de la nourriture chez le Cheval.

Notre travail comporte deux parties :

- la première dans laquelle nous exposons la conduite de l'expérimentation, tant sur l'animal qu'au laboratoire, ainsi que les modalités d'expression des résultats.
- la seconde où nous énonçons ces résultats et discutons leur signification, afin d'en tirer des conclusions pratiques.

CHAPITRE I

Le but de l'expérimentation est d'étudier la composition clinique des digestas chez les Equidés en différents sites de façon à apprécier le lieu de digestion des principaux constituants de la ration.

Mais il faut remarquer que cette composition du contenu digestif résulte non seulement de la dégradation de l'aliment mais aussi des éléments endogènes apportés par les sécrétions salivaires, gastriques, intestinales, biliaires et pancréatiques ou élaborés par la flore et la faune digestive.

Il nous a fallu choisir un élément de référence qui ne soit ni modifié au cours du transit, ni absorbé ou sécrété par la muqueuse digestive. Nous avons donc introduit de façon homogène dans la ration un élément traceur, et nous avons choisi l'oxyde de chrome (Cr_2O_3) en poudre.

Le principe de l'expérimentation consiste à nourrir des Equidés avec un aliment connu renfermant de l'oxyde de chrome. Après une période d'adaptation les animaux sont abattus, le contenu du tube digestif est recueilli, séché puis analysé.

Pour chaque portion du tube digestif nous pouvons alors exprimer la composition par rapport au traceur et ainsi suivre l'évolution du fluide en sachant que lorsqu'un élément diminue c'est qu'il est digéré et qu'au contraire lorsqu'il augmente ce sont des éléments endogènes qui interviennent.

Nous allons examiner maintenant comment ont été réalisés et stockés les échantillons, puis rapidement nous envisagerons les différentes techniques d'analyses en considérant surtout les dosages du chrome et de l'amidon. Enfin nous exposerons le mode d'expression des résultats.

A) Conditions expérimentales

Dans ce chapitre nous envisagerons rapidement les aliments, les animaux, la récolte des matières fécales, celle du contenu du tube digestif et le traitement de ces prises d'essai.

1 - Les aliments

Nous avons utilisé des aliments complets, sous deux formes différentes :

granulés (A), semi expansé (B). "La partie céréalière expansée est obtenue par un passage à la presse sous forte pression de vapeur avec détente brutale à la sortie des filières". La composition et la nature de ces aliments sont indiqués dans les tableaux I et II.

Nous avons distribué kg/j aux Chevaux, 1,5kg par 100kg de poids vif/j pour les poneys en un seul repas le matin. Les animaux n'ont reçu aucun fourrage et ne pouvaient consommer la paille de leur litière. Ils disposaient également d'eau à volonté.

TABLEAU N°I

Composition centésimale des aliments
(p 100 de la matière sèche)

	: Chrome	: Matières Azotées brutes	: Cellulose	: Amidon	: Extrait éthéré	: Cendres	: Calcium	: Phosphore
Granulé A	: 0,14	: 11,5	: 18,80	: 42,3	: 3,90	: 6,15	: 0,78	: 0,12
Semi expansé B	: 0,13	: 10,60	: 18,0	: 36,0	: 3,1	: 6,20	: 0,78	: 0,17

TABLEAU N°II

Formule des aliments utilisés
composition centésimale

	: p 100
(Orge	: 18,00)
(Maïs	: 1,00)
(Pulpe de fruit	: 21,00)
(Caroubes	: 24,00)
(Mélasse	: 10,00)
(Fourrages	: 24,00)
(Tourteaux de soja	: 2,00)
(Concentration vitaminiques	: 0,01)
(Oxyde de Chrome	: 0,2)

2 - Les animaux

Nous avons expérimenté sur 12 Equidés : 8 Chevaux et 4 poneys déparasités systématiquement et nourris pendant quatre semaines avec l'aliment étudié. Les particularités des animaux et l'aliment utilisé pour chacun sont résumés dans le tableau N° 3.

TABLEAU N°3

Particularités des animaux et aliment consommé

(Numéro :	Espèce :	Sexe :	Poids vif (kg) :	Aliment :
(C 1 :	Cheval :	femelle :	400 :	A :
(C 2 :	Cheval :	mâle :	420 :	A :
(C 3 :	Cheval :	mâle :	510 :	A :
(C 4 :	Cheval :	mâle :	360 :	A :
(C 5 :	Cheval :	mâle :	380 :	B :
(C 6 :	Cheval :	mâle :	430 :	B :
(C 7 :	Cheval :	mâle :	440 :	B :
(C 8 :	Cheval :	mâle :	360 :	B :
(P 1 :	Poney :	mâle :	107 :	A :
(P 2 :	Poney :	mâle :	102 :	A :
(P 3 :	Poney :	mâle :	105 :	A :
(P 4 :	Poney :	mâle :	105 :	A :
(:	:	:	:	:

3 - Récolte des matières fécales

L'utilisation du traceur autorise l'étude de la digestibilité par la méthode indirecte en se contentant d'une récolte partielle des matières fécales ; celle-ci est réalisée lors de la quatrième semaine, matin et soir pendant trois jours. Chaque échantillon est pesé, homogénéisé et desséché à l'étuve à 85°. On détermine ainsi l'humidité de chaque prélèvement, ce qui permet de calculer une valeur moyenne.

Les prises de matières fécales séchées du matin et celles du soir sont regroupées, broyées et conservées pour l'analyse. Nous disposons donc d'une moyenne sur trois jours, des matières fécales de la journée, soit pour chaque animal un échantillon fécal auquel vont s'ajouter les prélèvements du contenu du tube digestif.

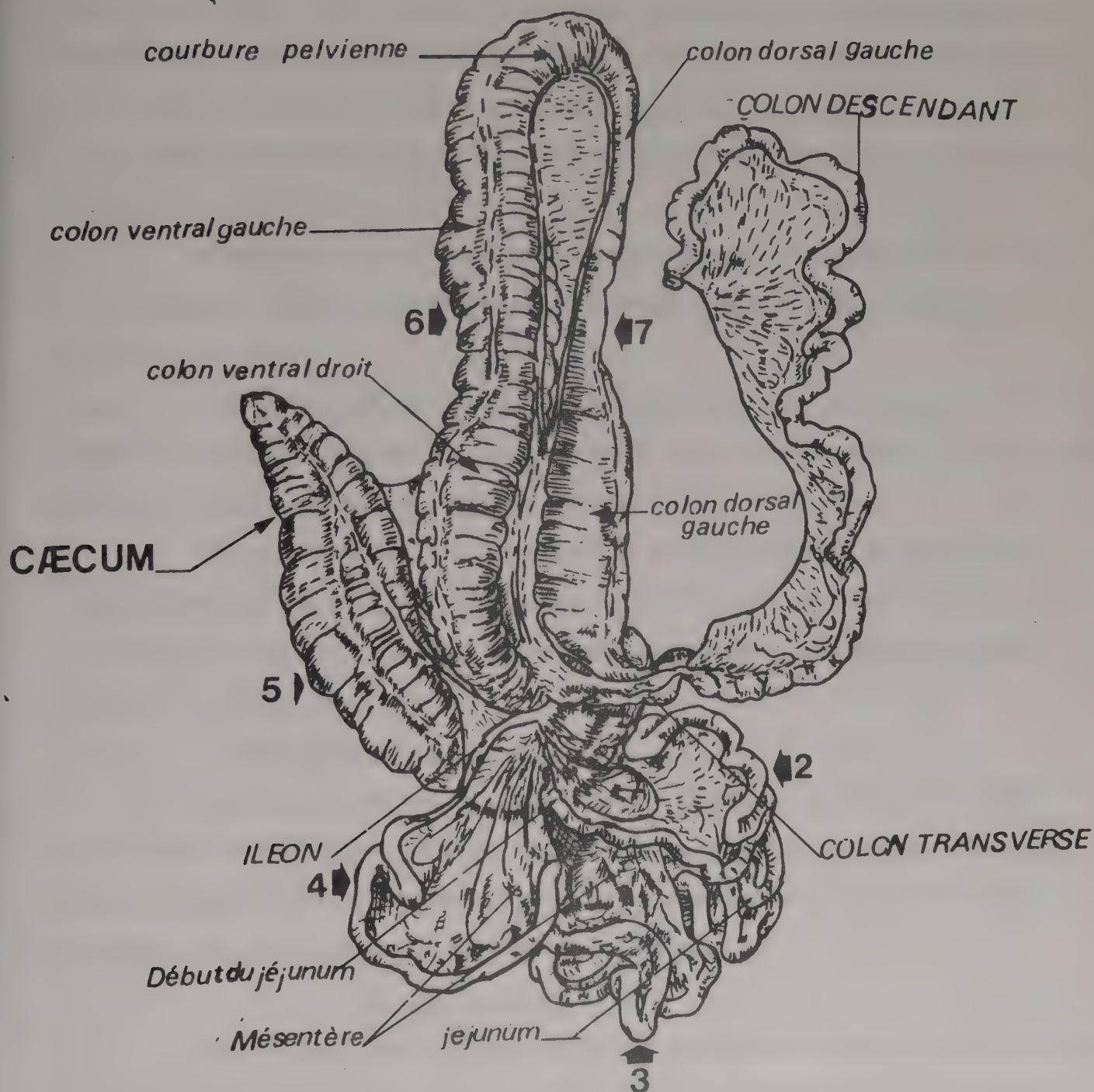
4 - Récolte du contenu du tube digestif

Après quatre semaines d'adaptation les animaux sont sacrifiés. Nous avons distribué un repas 2 à 3 heures avant l'abattage ; selon Argenzio et Coll (1974) (2) 2 heures après le repas on retrouve dans le caecum la phase liquide et des particules de tailles variables. De plus les auteurs signalent une sélection au niveau de l'estomac, la phase liquide et les éléments fins franchissent l'intestin grêle au cours de la première heure, les plus grossiers transitent ensuite. Deux heures après le repas le jéjuno-iléon devrait avoir déjà été traversé par la phase liquide et les fines particules, par contre il doit renfermer à cet instant les plus gros constituants de la ration.

L'abattage, la saignée et l'éviscération ont été réalisés suivant les techniques de la Chaire d'Anatomie. L'estomac et le duodénum restent en place. Nous avons recueilli le contenu de l'ensemble du tube digestif en délimitant 7 portions : (Schéma N° 1) l'estomac (prélèvement N° 1), le jéjuno-iléon divisé en trois parties d'égale longueur (prélèvements N° 2, 3, 4) et le caecum (prélèvement N° 5).

Pour ce qui est du côlon replié une ligature sur la courbure pelvienne nous a permis de vider d'une part le côlon ventral (prélèvement N° 6) d'autre part le côlon dorsal (prélèvement N° 7). Selon Argenzio et Coll (1974) (2) ces deux compartiments sont homogènes et il n'est pas nécessaire de distinguer le côlon ventral droit et gauche ni le côlon dorsal droit et gauche.

Schema N°1



INTESTIN DU CHEVAL

Avec l'aimable autorisation de M^r L^e P^r R. BARONE

5 - Préparation des échantillons

Pour chacune des portions considérées, le contenu total ainsi obtenu est pesé et homogénéisé à la spatule.

Ensuite nous faisons trois prises d'essai. La première est répartie en trois échantillons : le premier sert à mesurer le pH ; le second est dilué au 1/4 dans l'acide trichloracétique à 2,5 p 100 et centrifugé, le surnageant ainsi obtenu étant congelé en vue du dosage de l'ammoniac ; le troisième est dilué de moitié dans l'acide perchlorique (0,6M) puis centrifugé, le surnageant destiné au dosage de l'acide lactique est congelé.

La deuxième prise d'essai soumise directement à la dessiccation à l'étuve à 85° indique l'humidité. Le résidu sec est broyé, stocké et utilisé pour la plupart des analyses.

La troisième prise d'essai est additionnée d'acide sulfurique à 2 p 100 de façon à abaisser le pH au-dessous de 4 et ainsi fixer l'azote volatil, puis elle subit la déshydratation, le résidu sec broyé sert au dosage de l'azote.

Pour chaque animal nous disposons de 8 échantillons : un de matières fécales (prélèvement n°8) et 7 du contenu du tube digestif représentant l'estomac, les premiers, deuxième et troisième tiers du jéjuno-iléon, le caecum, le côlon ventral et le côlon dorsal.

B) Techniques d'analyse

Dans notre expérimentation, l'oxyde de chrome est l'élément de référence. Il est donc fondamental de le doser avec précision. C'est ce que nous envisagerons dans la première partie, considérant ensuite le dosage des autres constituants notamment celui de l'amidon et de l'acide lactique.

1 - Dosage du chrome

Nous avons utilisé la spectrométrie d'absorption atomique. Cette technique est basée sur le fait qu'un atome ne peut absorber que les radiations qu'il est capable d'émettre. Le chrome à l'état d'atome, reçoit une radiation ayant même longueur d'onde que celle qu'il émet en passant de l'état excité à l'état fondamental ; on étudie l'absorption de la radiation spécifique correspondante par l'atome de

chrome.

Pour amener cet élément sous forme atomique on utilise une flamme obtenue par la combustion d'un mélange d'air et d'acétylène. La solution aqueuse est pulvérisée grâce au nébuliseur et les gouttelettes ainsi formées traversent la flamme. Au niveau du dard, la chaleur dissocie les composés du chrome et celui-ci passe sous forme atomique à des niveaux d'énergie divers.

Mais dans le panache presque tous les atomes se trouvent dans l'état fondamental. La radiation dont nous étudions l'absorption est émise par une lampe à cathode creuse au chrome fonctionnant suivant le principe du tube de Geissler. Cette radiation frappe les atomes de chrome présents dans la flamme, et l'absorption est mesurée à l'aide d'un photomètre. L'utilisation d'une gamme étalon permet d'établir une relation entre les densités optiques mesurées et la concentration en chrome de la solution. Pour ces mesures nous avons utilisé l'appareil UNICAMSP 100 avec les caractéristiques suivantes :

- + longueur d'onde : 357,9 nm
- + courant de lampe : 12,5 mA
- + fluides : air : 4,7 l/mn
 acétylène : 1,3 - 1,6 l/mn
- + fente : 0,1 mm
- + hauteur du brûleur : 0,5 cm
- + gamme étalon : 1 à 15 ppm ppm = (partie par million)

Nous avons dosé le chrome sur des échantillons de 0,5 - 1 g de matière sèche qui ont été calcinés au four à 550° C pendant six heures. Les cendres ainsi obtenues ont été traitées par un mélange d'acide orthophosphorique et de sulfate de manganèse ainsi que par une solution de bromate de potassium de façon à solubiliser le chrome. Au mélange ainsi obtenu, on ajoute du chlorure de calcium de sorte que la solution finale renferme 550 ppm de calcium. Dans ces conditions les interférences du magnésium, des silicates et des phosphates sont masquées.

2 - Dosage des éléments usuels

Nous envisageons dans ce paragraphe le dosage de l'extrait éthéré et la mesure du pH.

a - Extrait étheré

Nous avons dégraissé 5 grammes de matière sèche par l'éther éthylique à l'aide de l'appareil de Soxhlet. Nous dosons ainsi l'extrait étheré, ce qui est peu intéressant car difficile à interpréter et représente un faible pourcentage de la ration. Mais nous obtenons le produit sec délipidé également nécessaire pour le dosage de l'amidon.

b - pH

La mesure du pH a lieu immédiatement après le prélèvement du contenu du tube digestif. Nous avons délayé certains échantillons à cause de leur consistance. L'appareil utilisé est un plimètre à une seule électrode en verre au colomel.

3-Dosage de l'amidon

Selon la méthode de CHARLIER et Coll (1974) (5) nous avons dosé l'amidon et les sucres éthanalososolubles dans chaque échantillon de façon à étudier leur indigestion. L'amidon est un mélange de deux polymères, l'amylose constitué de glucopyranose et à enchaînement 1-4 et l'amylopectine formée d'une chaîne principale 1-4 et de ramification 1-6. L'amylose et l'amylopectine sont hydrolysées sous l'action de l'amyloglucosidase par rupture de liaisons 1-4 et 1-6 libérant ainsi du glucose. Le dosage de l'amidon peut donc se ramener, après hydrolyse, à un dosage de glucose que nous avons réalisé à l'autoanalyseur TECHNICON par coloration à l'ortho-toluidine. A partir d'extrait sec dégraissé, nous avons effectué d'une part l'extraction alcoolique des sucres et le dosage du glucose A, d'autre part l'hydrolyse de l'amidon donnant du glucose B. Ceci nous permet alors de calculer la teneur en amidon par la relation suivante :

$$\text{AMIDON} = (B - A) \times 0,9$$

a - Extraction des sucres éthanalososolubles

Nous avons isolé les sucres à partir de 2,5 g de matière sèche dégraissée par 150 ml d'alcool éthylique à 80 p 100 à l'aide de l'extracteur de Soxhlet pendant 5 heures.

b - Hydrolyse de l'amidon

Elle a été effectuée sur 0,5 g d'extrait sec dégraissé en deux temps : gela-

tinisation et hydrolyse enzymatique.

b 1) Gélatinisation

Elle est effectuée par chauffage à l'autoclave à 130° C pendant 1h15.

b 2) Hydrolyse enzymatique

L'hydrolyse enzymatique est réalisée par une amyloglucosidase en présence de tampon acétate à pH 4,6 pendant 5 heures à 60° C. L'enzyme utilisée est l'amyloglucosidase de Rhizopus Delemar provenant de la société japonaise SEIM NIKON CHEMICAL.

Dès la fin de l'hydrolyse nous avons filtré sur fiole jaugée et complétée à l'eau distillée. Les solutions de glucose ainsi obtenues ont été conservées au froid en présence de merthiolate à 0,01 p 100 pour inhiber les dégradations bactériennes en attendant le dosage calorimétrique.

c - Dosage calorimétrique du glucose

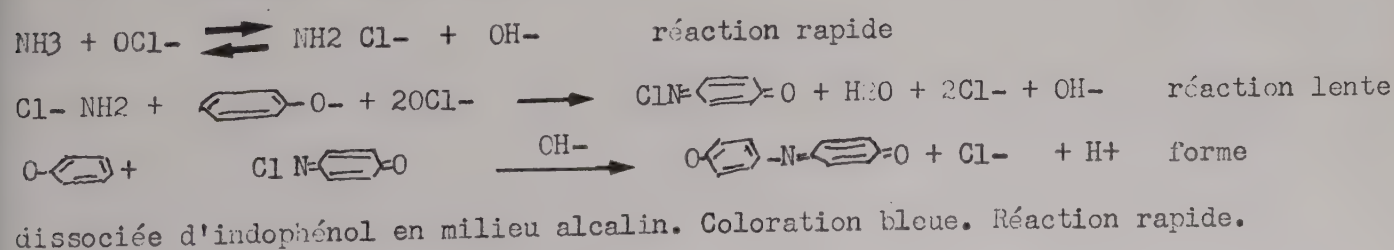
Le glucose en milieu acétique peut se combiner sélectivement à l'ortho-toluidine en donnant une coloration vert-blanc. Ce principe a été utilisé pour son dosage à l'aide de l'autoanalyseur TECHNICON dont le montage est indiqué par le schéma N°2.

d - Dosage de l'ammoniac

Selon Berthelot l'ammoniac en milieu très alcalin peut se combiner avec le phénol et l'hypochlorite en donnant un composé bleu.

Ce principe a été utilisé pour son dosage à l'aide de l'autoanalyseur TECHNICON (schéma N°3) après dilution au 1/8 ou au 1/40 de la solution acide (M.C. MICHEL 1971) (10) dans l'eau.

D'après certains auteurs cités par C. VAN EENAEME et Coll 1969 (11) la réaction suivrait le schéma suivant :

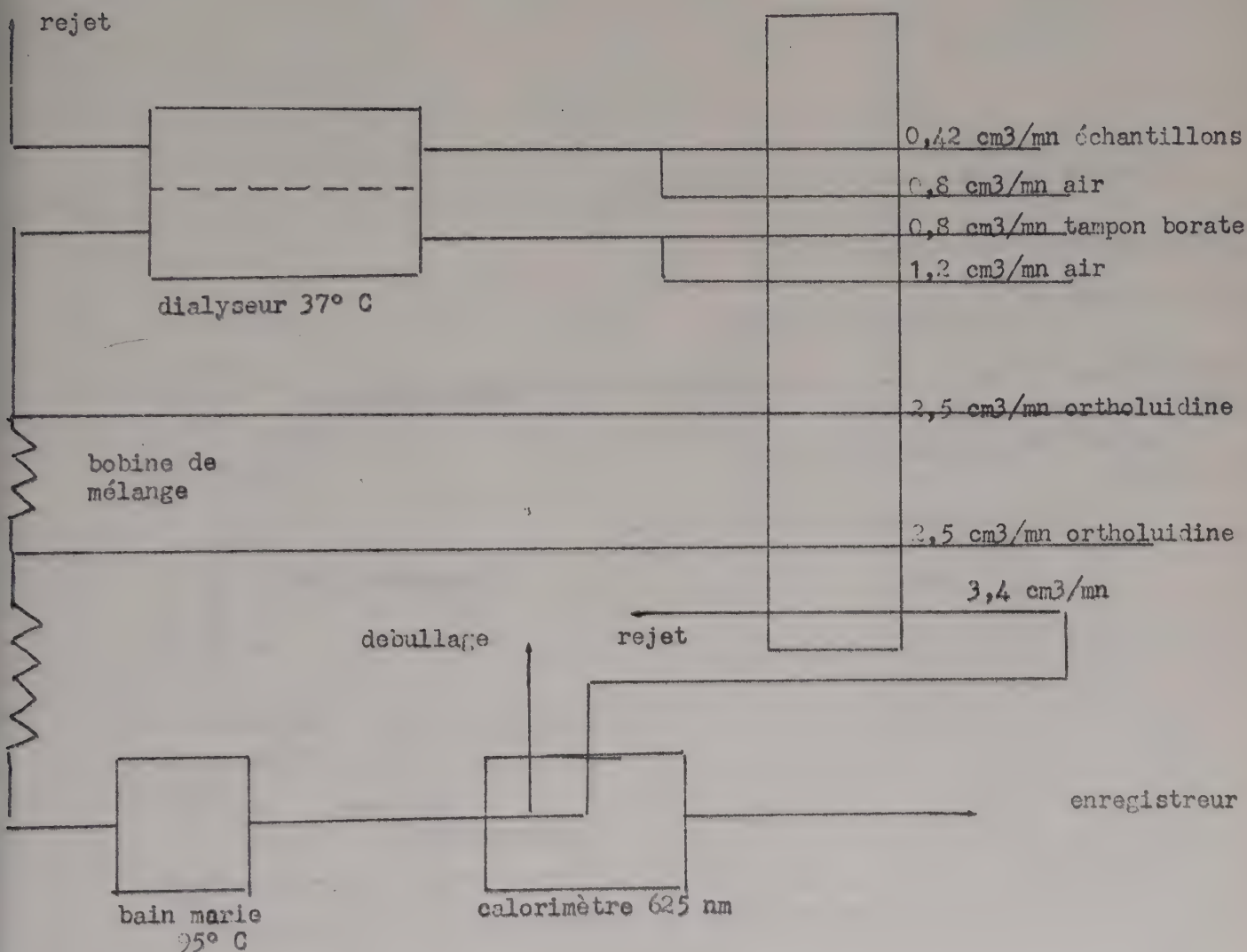


5 - Dosage de l'acide L. lactique et D. lactique

La L. lactate déshydrogénase et la D. lactate déshydrogénase catalysent les réactions suivantes :

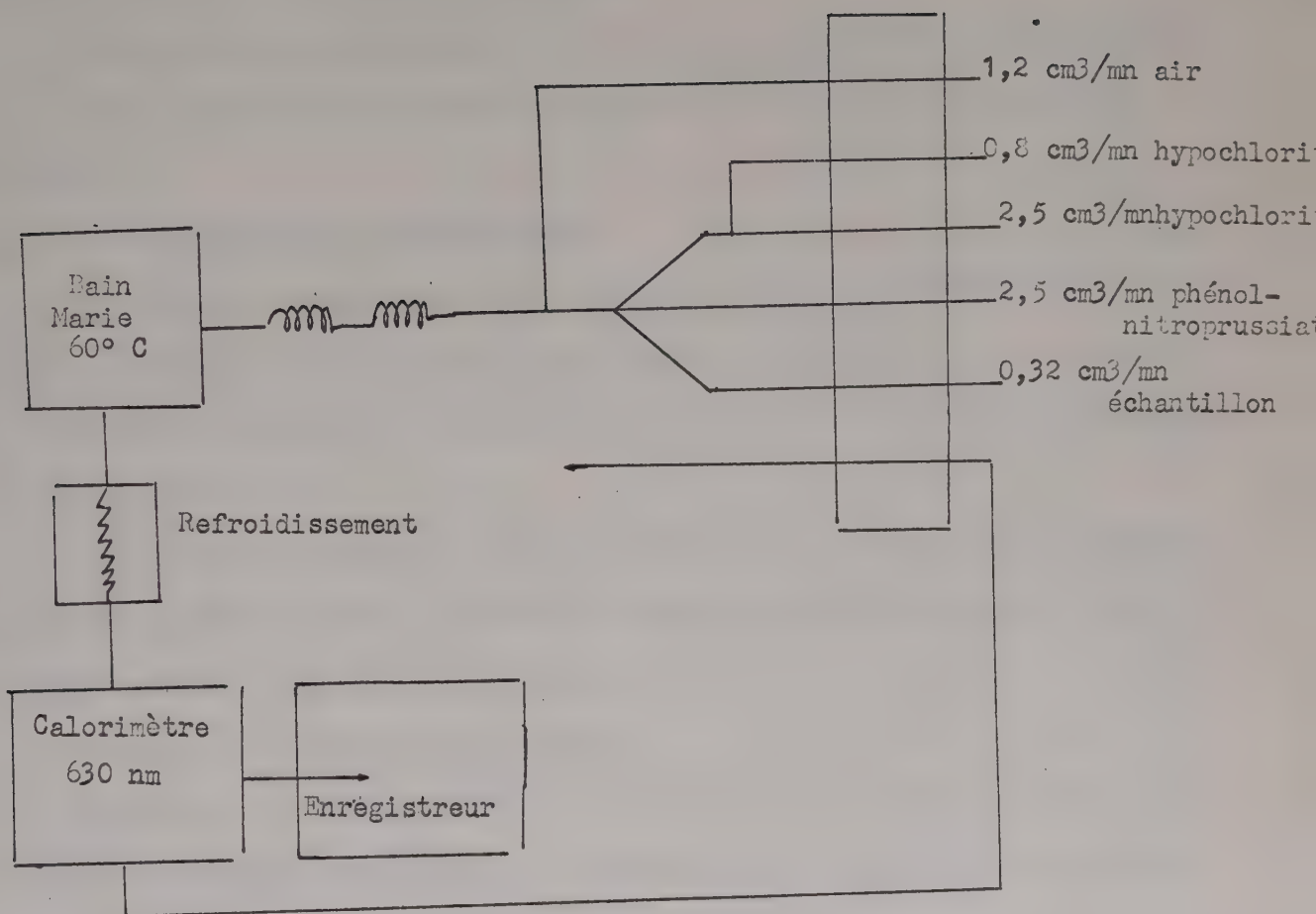
SCHEMA N°2

Montage de l'autoanalyseur pour le dosage du glucose



SCHEMA N°3

Montage de l'autoanalyseur pour le dosage de l'ammoniac





Ces réactions ne peuvent s'effectuer de gauche à droite qu'en milieu alcalin (pH : 9,0) en présence d'un excès de NAD^+ et en éliminant le pyruvate. Ceci nécessite une réaction secondaire catalysée par la glutamate pyruvate transaminase.



La quantité de NADH formée au cours de la réaction est proportionnelle à la quantité d'acide L. lactique ou D. lactique.

La mesure de l'augmentation de la densité optique (D.O) du mélange réactionnel à 340 nm permet de connaître ces quantités (techniques et réactifs de Boehringer).

C) Expression des résultats

A la suite de ces analyses nous obtenons pour chaque échantillon la teneur en chrome, l'extrait éthéré, les sucres et l'amidon en pourcentage de la matière sèche, ainsi que les quantités d'ammoniac et d'acides lactiques exprimées en mg/l et g/l de phase liquide.

A partir de ces résultats nous avons étudié les digestibilités totales et partielles de la matière sèche, l'amidon et l'extrait éthéré ainsi que l'évolution de la teneur en acide lactique et en ammoniac.

1 - Digestibilité totale

Par définition la digestibilité d'un élément de la ration est égale à la différence entre la quantité ingérée et la perte fécale, rapportée en pourcentage de l'ingéré.

$$D = \frac{\text{élément ingéré} - \text{élément fécal}}{\text{élément ingéré}} \times 100$$

Dans notre expérimentation nous n'avons pas mesuré la quantité exacte ingérée ni récolté la totalité des matières fécales, mais l'utilisation du marqueur permet de calculer la digestibilité en utilisant la relation suivante :

$$D = \frac{\frac{\text{p 100 élément dans aliment}}{\text{p 100 chrome dans aliment}} - \frac{\text{p 100 chrome dans fécés}}{\text{p 100 chrome dans fécés}}}{\frac{\text{p 100 élément dans aliment}}{\text{p 100 chrome dans aliment}}}$$

Pour chacun des constituants de la ration nous pouvons donc calculer la digestibilité, c'est ce que nous appellerons digestibilité totale par opposition aux autres.

2 - Digestibilité partielle

Pour le contenu de chaque portion de l'intestin nous pouvons appliquer une relation analogue à celle définie ci-dessus pour les fécés. Nous obtenons ainsi la digestibilité en un point du tube digestif qui nous rend compte de la digestion qui s'est produite en amont, c'est ce que nous appellerons digestibilité partielle (au niveau d'un segment donné).

3 - Pourcentage digéré dans une portion du tube digestif

La comparaison de deux digestibilités partielles permet d'apprécier l'importance de la digestion dans une portion du tube digestif. Nous pouvons l'exprimer en faisant une simple différence, il s'agit alors de pourcentage par rapport à l'ingéré et la somme de ces valeurs le long du tube digestif est égale à la digestibilité totale. Mais nous pouvons aussi rapporter cette différence à la digestion totale et la somme des pourcentages est alors de 100. Pour faire nos tableaux et diagrammes nous avons choisi la première méthode.

Dans tous ces modes d'expression nous utilisons la digestibilité apparente puisque nous ne faisons que la différence entre ce qui pénètre et ce qui sort du tube digestif ou d'une portion plus ou moins longue de celui-ci.

La digestibilité apparente localise donc la digestion des principaux constituants de la ration mais l'incertitude sur les sécrétions nous empêche de préciser la digestibilité réelle. Cependant pour l'amidon, la production endogène doit être nulle et nous pouvons considérer que les digestibilités apparentes et réelles sont égales.

CHAPITRE II

RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION

Les analyses décrites dans la première partie nous ont conduit à un grand nombre de chiffres que nous allons présenter et essayer d'interpréter.

Tout d'abord les volumes recueillis nous ont amené à des considérations anatomiques ayant un intérêt pour mieux comprendre la physiologie digestive des Equidés. Puis nous étudierons l'humidité du contenu intestinal en essayant de mettre en évidence les échanges d'eau au niveau de la muqueuse digestive.

Enfin nous examinerons la digestibilité de chacun de ces constituants étudiés, pour en tirer un schéma de la digestion chez les Equidés sur lequel nous grefferons des variantes en fonction de l'espèce et de la présentation de la ration.

A) Comparaison des poids de l'ensemble et de chacun des segments du tube digestif chez le Cheval et le poney

Ayant récolté la totalité du contenu du tube digestif, nous pouvons comparer le volume de chacune des portions, ce qui fait apparaître en fonction de l'espèce, des variations qui ont des conséquences sur la digestion.

Pour cette étude nous utilisons le poids du contenu de chaque portion en pourcentage de la récolte totale et par rapport au poids de l'animal, en gramme pour 100 kg de poids vif (P.V.p). D'après les résultats figurant au tableau N°4, on constate une différence entre le Cheval et le poney au niveau de l'estomac, et du gros intestin notamment le côlon replié.

En ce qui concerne l'estomac, le poids du contenu stomacal est plus élevé chez le Cheval (2470 g/100 kg PV) que chez le poney (1000g/100 kg PV), nous avons observé que le côlon replié du poney est proportionnellement plus développé que celui du Cheval. Nous pouvons donc conclure que le tube digestif du poney et du Cheval seraient légèrement différents sur le plan anatomique au niveau de l'estomac et du côlon replié.

Nous remarquons que les quantités prélevées dans chaque portion sont assez faibles. Nous pensons que ceci est dû au type d'alimentation ; les aliments complets

TABLEAU N°4

Poids du contenu du tube digestifchez le Cheval et le poney

		: Pourcentage du poids		: <u>Poids prélevé (g/100kg)</u>	
		: total du contenu digestif:		: Poids vif	
		: Poney	: Cheval	: Poney	: Cheval
Estomac	1	: 16,60	: 24,50	: 1800	: 2470
Premier tiers du jéjuno-iléon	2	: 1,90	: 1,30	: 204	: 131
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	: 3,10	: 5,60	: 335	: 567
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	: 8,50	: 8,20	: 918	: 826
Total du jéjuno-iléon		: 13,50	: 15,10	: 1457	: 1524
Caecum	5	: 15,20	: 15,10	: 1644	: 1526
Côlon ventral	6	: 27,45	: 22,80	: 2967	: 2296
Côlon dorsal	7	: 27,25	: 22,50	: 2946	: 2272
Total du gros intestin		: 69,90	: 60,40	: 7557	: 6034
TOTAL		: 100	: 100:	: 10814	: 10088

occupant un volume beaucoup plus faible que les fourrages.

B) Humidité du contenu du tube digestif

Pour chacune des portions du tube digestif, nous avons calculé l'humidité moyenne des digestas avec son écart type, de façon à étudier l'évolution le long du tube digestif ainsi que l'influence de l'espèce et de la présentation de l'aliment. Les résultats groupés dans le tableau N° 5 montrent que le contenu digestif est toujours fluide, la teneur en eau variant de 70 à 90 p 100.

L'humidité est la plus faible au niveau de l'estomac ; elle s'élève fortement dans l'intestin grêle puis s'abaisse au niveau du côlon replié et des fécés.

ARGENZIO et Coll (1974) (2) ont mis en évidence que l'humidité était maximale au niveau du caecum. GOUY (1976) (6) pense que cette humidité élevée est due essentiellement à un déversement du fluide iléal, important ; de sorte que nous pouvons assimiler le contenu caecal prélevé au résultat de la digestion dans l'intestin grêle.

La déshydratation est importante entre le caecum et le côlon ventral ; elle se poursuit également au niveau du côlon dorsal et des fécés.

2 - Influence de l'espèce

Par comparaison au Cheval, l'humidité dans l'estomac (qui reste faible dans tous les cas) apparaît supérieure chez le poney ; chez ce dernier elle est également plus élevée dans le début du jéjuno-iléon, puis elle diminue progressivement.

Le phénomène, semble t'il , s'inverse chez le Cheval ; en effet nous constatons une augmentation progressive jusqu'au niveau du caecum, puis une diminution dans le côlon et les fécés.

Les mouvements d'eau entre le tube digestif et l'organisme chez le poney et le Cheval, représentés par le schéma N° 4, sont liés à la pression osmotique du fluide intestinal. La digestion enzymatique serait donc précoce mais limitée chez le poney ; chez le Cheval elle serait plus tardive mais plus intense : GOUY (1976) (6).

2 - Influence de la présentation de l'aliment

Avec les deux types d'aliments chez le Cheval on observe une forte hydratation dans le jéjuno-iléon, et une absorption d'eau dans le gros intestin. Pour ce

Taux d'humidite du contenu du tube digestif
chez le cheval et le poney - Aliment Granule-

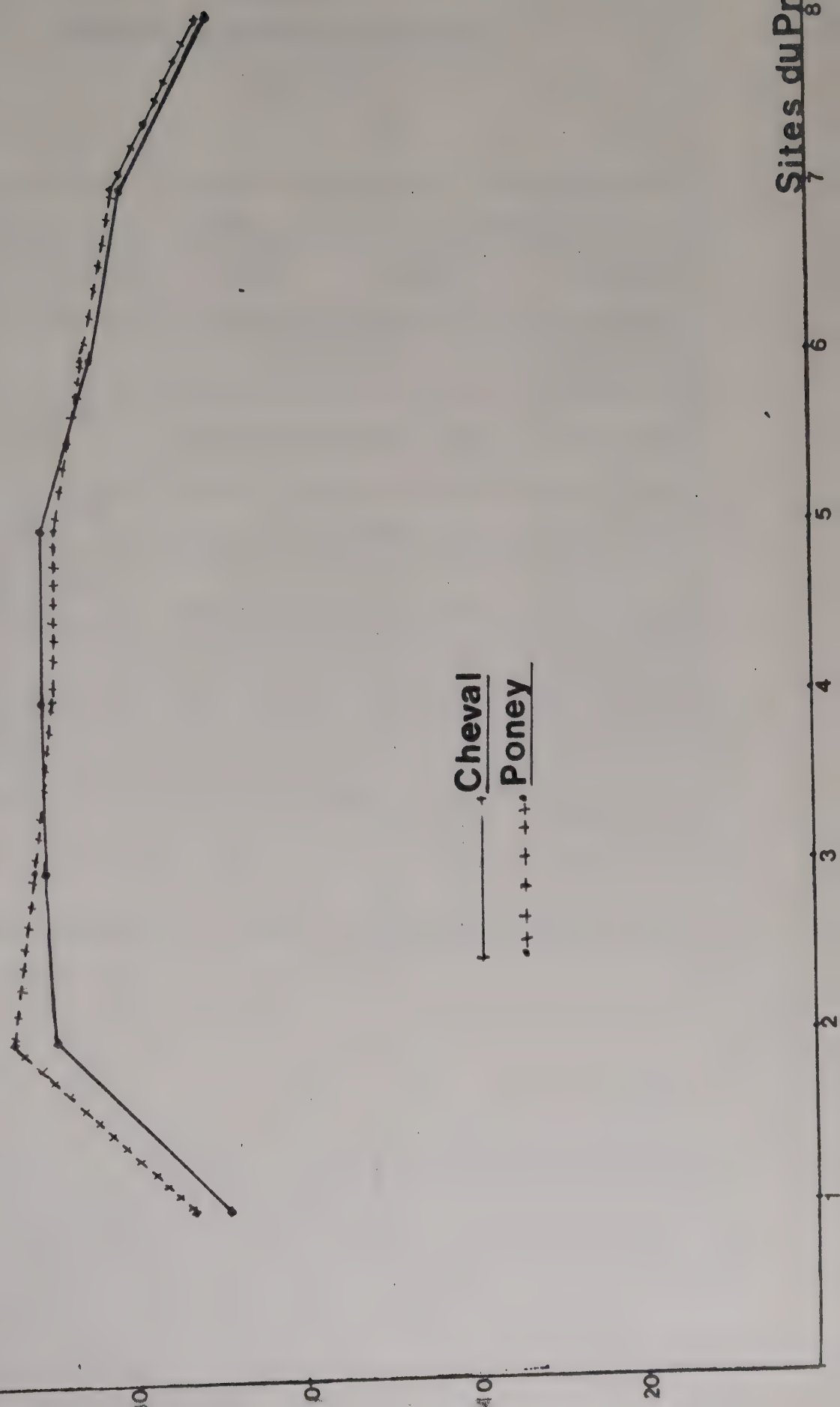


TABLEAU N°5

Humidité du contenu du tube digestif

(en p 100)

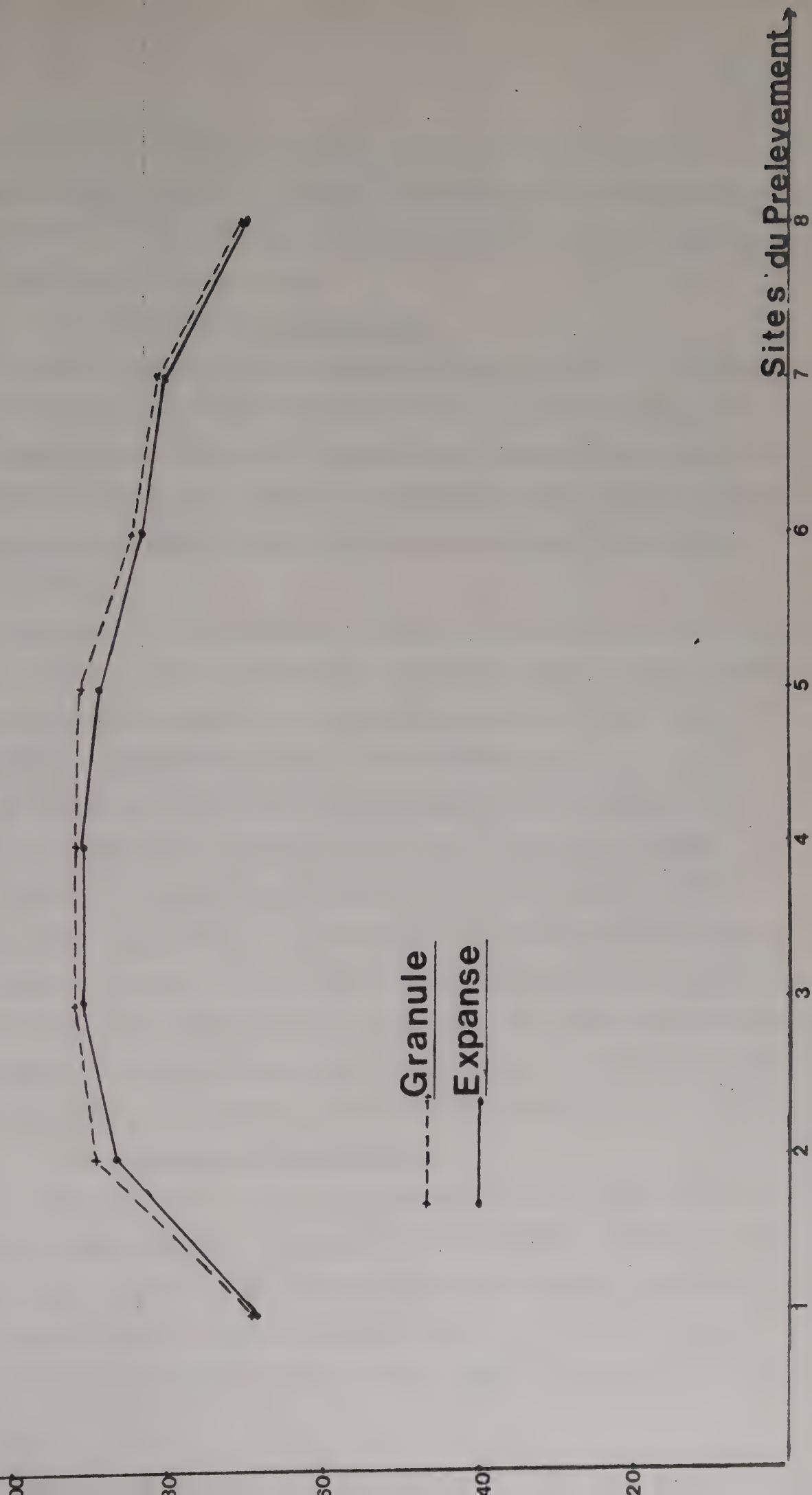
		Poney	Cheval	
Segment digestif	aliment	GRANULE	GRANULE	Expansé
Estomac	1	73,29 $\pm$ 9,18 a	69,45 $\pm$ 2,01 b	69,29 $\pm$ 5,09)
Premier tiers du jéjuno-iléon	2	94,57 $\pm$ 0,95 b	89,13 $\pm$ 5,17 c	86,74 $\pm$ 5,26)
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	91,33 $\pm$ 1,27	90,73 $\pm$ 2,13	91,45 $\pm$ 1,2)
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	89,57 $\pm$ 2,01	91,91 $\pm$ 2,85	90,90 $\pm$ 0,52)
Caecum	5	89,45 $\pm$ 2,75	91,32 $\pm$ 4,38	88,43 $\pm$ 2,13)
Côlon ventral	6	85,42 $\pm$ 3,92	85,1 $\pm$ 2,99	83,83 $\pm$ 0,77)
Côlon dorsal	7	82,82 $\pm$ 3,68	81,44 $\pm$ 1,62	81,24 $\pm$ 1,40)
Fécés	8	70,15 $\pm$ 4,22	70,64 $\pm$ 3,78	70,02 $\pm$ 5,9)

. Les résultats affectés de lettres dissemblables diffèrent significativement. (p < 0,05)

Humidité
p₁₀₀

Schéma N°5

Taux d'humidité du contenu du tube digestif
chez le cheval — Aliments Granule & Expanse —



qui est des fécés, il n'y a pas de variations. Le schéma N° 5 ne montre pas de différences notables entre le granulé et l'expansé, mais nous noterons d'après le tableau N° 5 que ce dernier a tendance à être digéré plus précocément ce qui explique la baisse du taux d'humidité dans le caecum.

C) Digestibilité de la matière sèche

La digestibilité partielle de la matière sèche au niveau de l'intestin grêle est très variable, et l'écart type est très élevé, mettant en évidence les nombreuses fluctuations individuelles. Elle est le plus souvent négative dans l'estomac et au début du jéjuno-iléon, grâce aux irrptions d'éléments endogènes provenant essentiellement des sécrétions enzymatiques libérées massivement dans la première partie du tube digestif.

Par la suite nous observons une absorption progressive de la matière sèche à la fin de l'intestin grêle, se manifestant au niveau du caecum par une digestibilité de l'ordre de 20 p 100. Celle-ci se poursuit dans le gros intestin, et aboutit à une digestibilité totale de l'ordre de 50 p 100 (tableau N° 6).

La comparaison de la digestibilité partielle chez le poney et le Cheval ne montre pas de différences significatives, ceci est illustré par le schéma N° 6.

Au sujet de la présentation, (schéma N° 7), contrairement aux résultats habituels Wolter et Coll (1975) (14) la digestibilité totale de la matière sèche de l'expansé est plus basse que celle du granulé. Par contre au niveau du premier et du second tiers de l'intestin grêle la digestion partielle de la matière sèche de l'aliment type expansé est significativement plus élevée. Nous ne constatons pas de différences significatives pour les autres parties du tube digestif.

D) Digestibilité de l'extrait éthéré

Ce constituant de la ration est généralement peu étudié car, d'une part il représente une faible proportion de la matière sèche alimentaire, d'autre part il s'agit d'un mélange complexe regroupant outre les matières grasses, des éléments liposolubles divers tels que des pigments. La digestibilité totale est d'environ 30 p 100 (tableau N°7). Dans la première partie du tube digestif, la digestibilité partielle

TABLEAU N°6

Digestibilité partielle de la matière sèche

(en p 100)

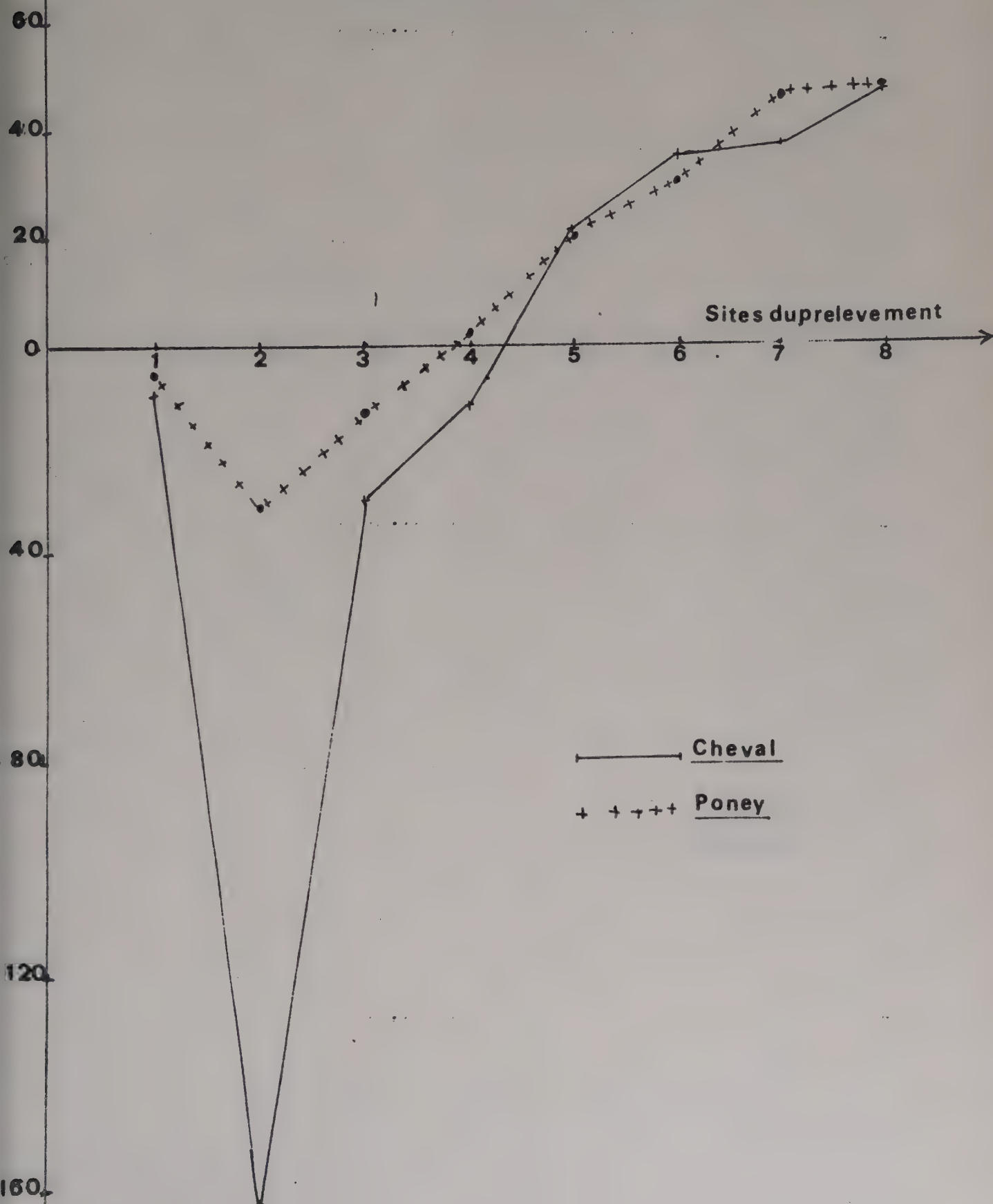
		Poney		Cheval	
Segment digestif	aliment	GRANULE	GRANULE	Expansé	
Estomac	1	- 5,9 ± 5,15	- 10,48 ± 15,58	- 11,76 ± 7,8	
Premier tiers du jéjuno-iléon	2	- 31,02 ± 20,41	- 163 ± 67,88	- 55,72 ± 112,9	b
			a		
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	- 13,23 ± 4,29	- 30,14 ± 31,34	- 2,60 ± 7,89	d
			c		
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	1,04 ± 2,17	- 12,1 ± 20,5	2,66 ± 6,75	
Caecum	5	20,51 ± 2,17	21,43 ± 2,5	19,33 ± 5,35	
Côlon ventral	6	30,79 ± 8,00	36,02 ± 10,18	28,71 ± 11,25	
Côlon dorsal	7	47,90 ± 2,65	38,2 ± 13,81	37,78 ± 13,02	
Fécès		48,57 ± 0,60	48,45 ± 5,14	46,93 ± 3,14	f
			e		

Les résultats affectés de lettres dissemblables diffèrent significativement. (p < 0,05)

Schema N°6

DIGESTIBILITE PARTIELLE DE LA MATIERE SECHE

comparaison cheval poney



DIGESTIBILITE

p 100

Schema N°7

DIGESTIBILITE PARTIELLE DE LA MATIERE SECHE

(Comparaison Granule / Expanse)

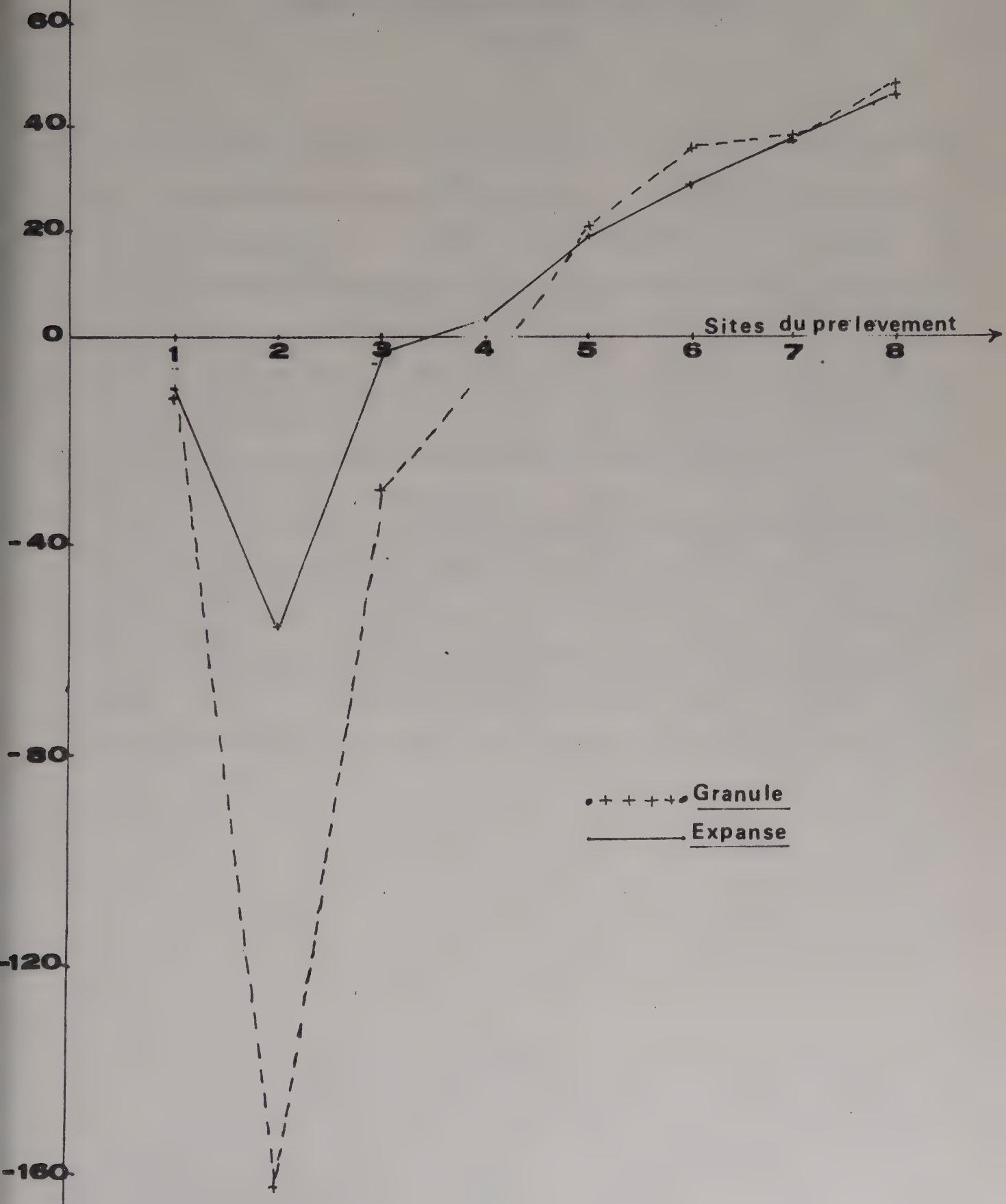


TABLEAU N°7

Digestibilité partielle de l'extrait étheré

(enp 100)

		Poney		Cheval	
Segment digestif	aliment	GRANULE	GRANULE	Expansé	
Estomac	1	17,02 $\pm$ 17,80		- 20,87 $\pm$ 36,2	
Duodénum + premier tiers du jéjuno-iléon	2	3,32 $\pm$ 30,64	- 791 $\pm$ 105,8	- 10,13 $\pm$ 60,2	
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	7,10 $\pm$ 17,37	- 42,39 $\pm$ 39,92	- 11,07 $\pm$ 23,1	
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	20,71 $\pm$ 44,61	27,22 $\pm$ 8,60	13,48 $\pm$ 4,3	
Caecum	5	43,87 $\pm$ 4,39	35,78 $\pm$ 10,70	44,57 $\pm$ 12	
Côlon ventral	6	58,9 $\pm$ 3,88	39,82 $\pm$ 21,0	45,13 $\pm$ 7,66	
Côlon dorsal	7	60,71 $\pm$ 5,03	47,52 $\pm$ 14,0	47,18 $\pm$ 7,3	
Fécés	8	45,21 $\pm$ 0,70	47,80 $\pm$ 12,90	53,49 $\pm$ 7,30	

met en évidence que les sécrétions comportent une quantité importante de substances solubles dans l'éther.

Puis ces produits étant aisément dégradés ou absorbés, les digestibilités apparentes augmentent rapidement. Les digestibilités partielles et totales sont identiques chez le poney et le Cheval. Nous noterons donc que les matières grasses sont digérées en grande partie dans l'intestin grêle.

E) Mesure du pH

Le pH est faible au niveau de l'estomac ; il varie entre 4,5 et 5,5 ; il augmente progressivement le long du jéjuno-iléon, surtout dans le dernier tiers où il est pratiquement neutre ; puis il s'abaisse de nouveau dans le caecum, le côlon dorsal et le côlon ventral.

Toutefois, nos prélèvements ont été effectués 3-4 heures après la distribution du repas, à un moment où le pH de l'estomac serait le plus bas (tableau N°8) et le taux de l'acide lactique le plus élevé.

Ceci est d'une grande importance comme nous allons le constater plus loin à propos de la digestion de l'amidon et de la teneur en acide lactique dans le tube digestif.

1 - Influence de l'espèce

Le pH gastrique est significativement plus faible chez le poney par rapport au Cheval, mais nous ne constatons pas de différences pour les autres parties du tube digestif (schéma N° 8).

2 - Influence de la présentation de l'aliment

Le pH des différentes parties du tube digestif n'est pas influencé par le mode de présentation de l'aliment (schéma N° 9) mais par le moment du prélèvement (Argenzio et Coll 1974 (3)), le pH est à son taux le plus bas 4 à 8 heures après la distribution du repas.

F) Digestibilité de l'amidon

L'amidon est un élément de la ration très bien utilisé par les Equidés. Sa digestibilité totale est à peu près constante, elle est de l'ordre de 95 à 97 p 100 (schéma N°9). La digestion est très précoce puisque dans l'estomac la digestibilité

TABLEAU N°8

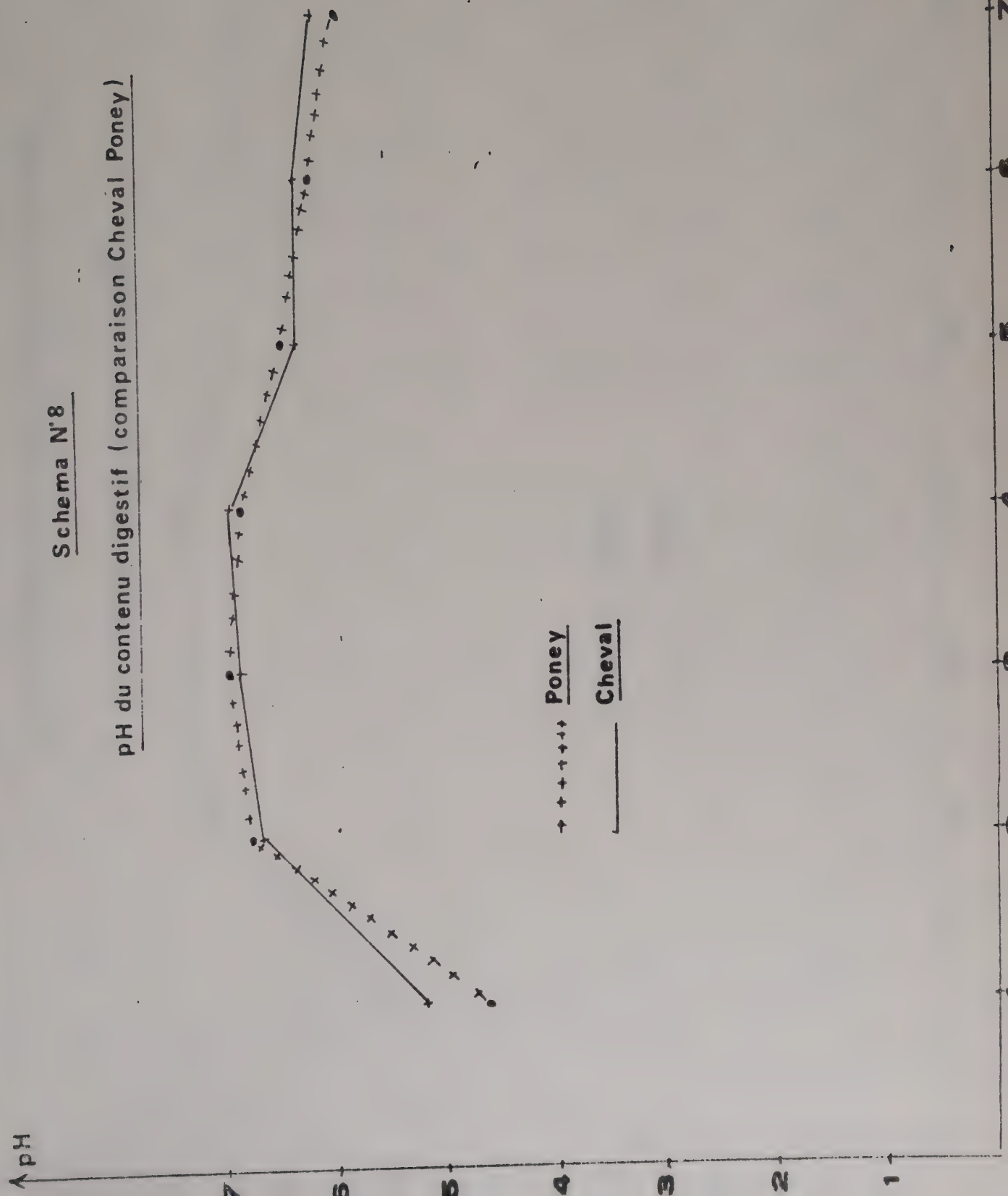
pH des contenus des différentes parties du tube digestif

		Poney		Cheval	
Segment digestif	aliment	GRANULE	GRANULE	Expansé	
Estomac	1	4,64 $\pm$ 0,68	5,21 $\pm$ 0,35	5,03 $\pm$ 0,52	
		a	b		
Duodénum + premier tiers du tube digestif	2	6,81 $\pm$ 0,36	6,72 $\pm$ 0,14	6,63 $\pm$ 0,69	
Deuxième tiers du tube digestif	3	7,03 $\pm$ 0,27	6,87 $\pm$ 0,24	6,79 $\pm$ 0,40	
Troisième tiers du tube digestif	4	6,93 $\pm$ 0,39	7,02 $\pm$ 0,27	6,94 $\pm$ 0,19	
Caecum	5	6,61 $\pm$ 0,39	6,44 $\pm$ 0,10	6,50 $\pm$ 0,10	
Côlon ventral	6	6,32 $\pm$ 0,42	6,38 $\pm$ 0,14	6,58 $\pm$ 0,15	
Côlon dorsal	7	6,08 $\pm$ 0,33	6,23 $\pm$ 0,30	6,40 $\pm$ 0,22	

Les résultats affectés de lettres dissemblables diffèrent significativement. ($p < 0,05$)

Schema N°8

pH du contenu digestif (comparaison Cheval Poney)



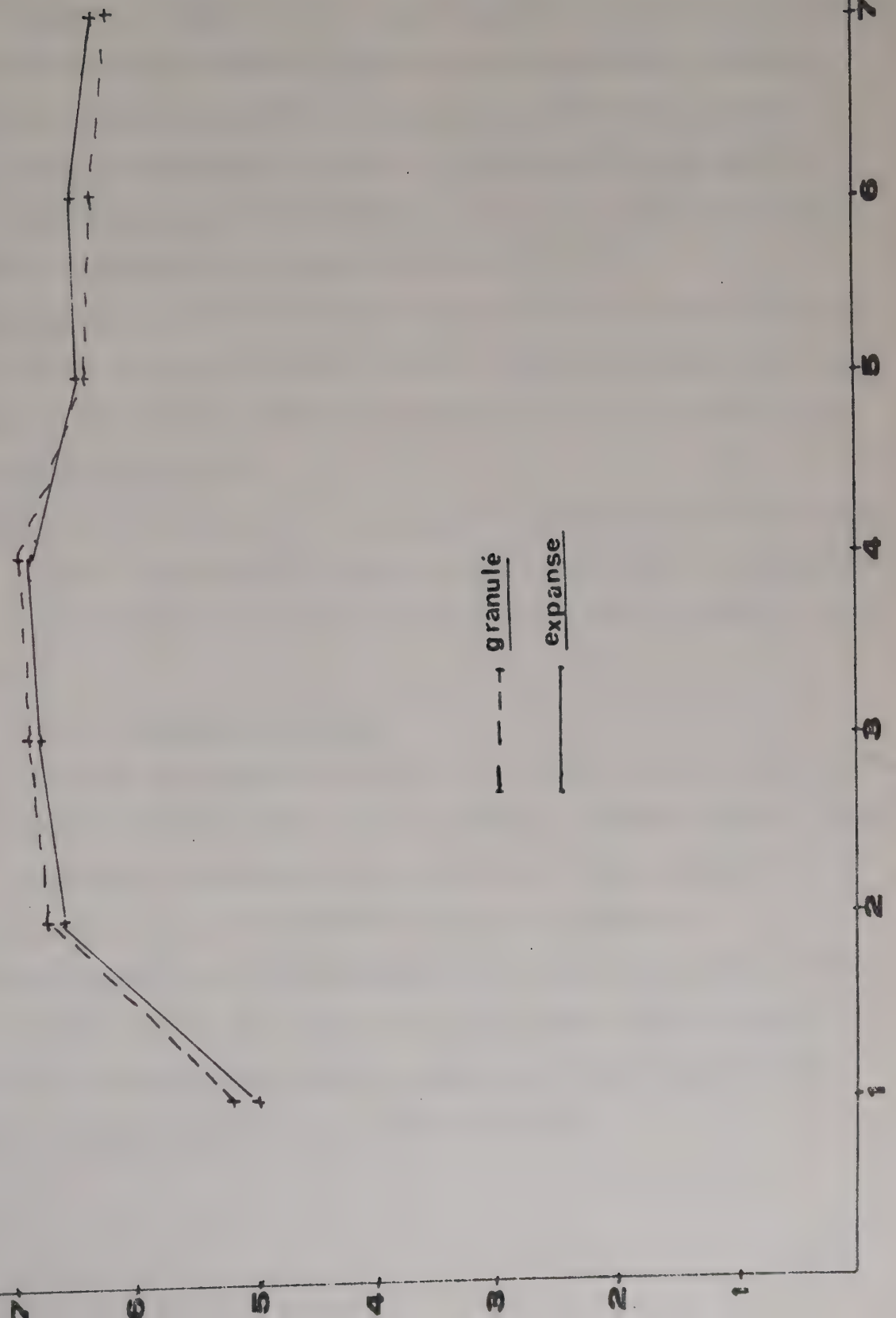
Sites du prelevement

pH

Schema N°9

pH DU CONTENU DIGESTIF CHEZ LE CHEVAL

(comparaison granulé - expanse)



Site du prélèvement

partielle est de l'ordre de 40 p 100 ; elle avoisine 20 p 100 à la fin de l'intestin grêle, ceci prouve que l'amidon est dégradé de deux façons :

Au niveau de l'estomac la digestion serait de type fermentaire (Kolb 1975 (9)) avec une production importante d'acide lactique grâce à la présence de lactobacilles et de streptocoques (Alexander et Davies 1963 (1), Kern et Coll 1973 (8)).

Dans l'intestin la digestion est de type enzymatique libérant ainsi du glucose. Or l'absorption de l'amidon sous forme de glucose est avantageuse sur le plan du rendement énergétique d'une part car elle évite les pertes caloriques liées aux fermentations libérant les acides gras volatils, et d'autre part, parce que les frais d'utilisation métabolique sont bien moindres qu'avec les acides gras volatils tels que les acides acétiques et butyriques (Wolter 1975 (12)).

La digestion dans l'intestin grêle ne laisse parvenir au caecum qu'une faible proportion d'amidon qui est dégradé dans le gros intestin. A ce niveau les conditions de pH éliminent une action enzymatique, tandis que la flore abondante produit rapidement des acides gras volatils.

En outre nous constatons que la digestibilité partielle dans le côlon replié est à peu près égale à la digestibilité totale donc les fermentations se dérouleraient dans le caecum essentiellement avec libération d'acides gras volatils absorbés par la muqueuse caecale .

1 - Influence de l'espèce

Chez le poney la digestibilité partielle de l'amidon dans l'estomac est très élevée. Elle est significativement plus faible au niveau du troisième tiers du jéjunum-iléon (schéma n° 10). Nous ne constatons pas de différences dans le caecum par rapport au Cheval, par contre, la digestibilité totale est inférieure.

Nous avons constaté que le pH augmentait chez le poney de 4,6 dans l'estomac à 7,03 dans l'iléon ; il est plus élevé le long du jéjunum-iléon que chez le Cheval. L'hydrolyse de l'amidon nécessitant un milieu acide, nous supposons que l'alkalinisation plus précoce ralentit la digestion enzymatique.

TABLEAU N°9

Digestibilité partielle de l'amidon dans
chaque portion du tube digestif (Cheval et poney)

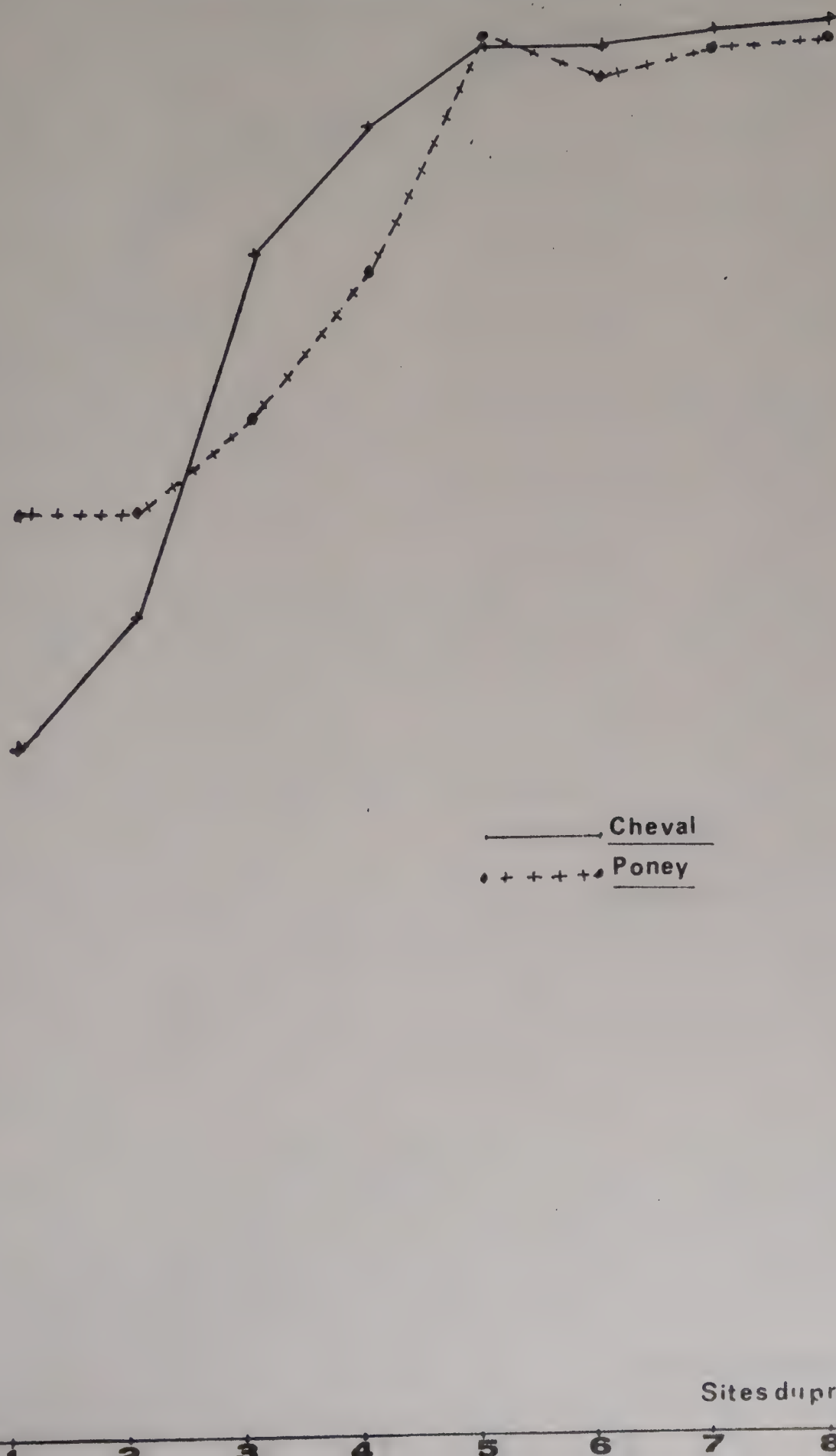
(en p 100)

Segment digestif	aliment	Poney		Cheval	
		GRANULE		GRANULE	Expansé
Estomac	1	53,56 ± 1,78	a	47,29 ± 11,16	b : 42,94 ± 6,29
Premier tiers du jéjuno-iléon	2	62,99 ± 10,25		56,05 ± 44,91	c : 81,89 ± 2,71
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	69,51 ± 4,48		80,57 ± 8,93	d : 87,97 ± 4,26
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	79,93 ± 4,51	e	89,84 ± 2,93	f : 88,22 ± 0,8
Caecum	5	95,82 ± 0,67		95,14 ± 1,2	g : 93,04 ± 1,61
Côlon ventral	6	93,18 ± 1,52		95,32 ± 2,08	h : 95,00 ± 1,27
Côlon dorsal	7	94,96 ± 0,14	i	96,53 ± 1,06	j : 95,42 ± 1,65
Fécès	8	95,72 ± 0,05		96,95 ± 0,6	95,33 ± 0,66

Les résultats affectés de lettres dissemblables diffèrent significative-
ment. $p < 0,05$

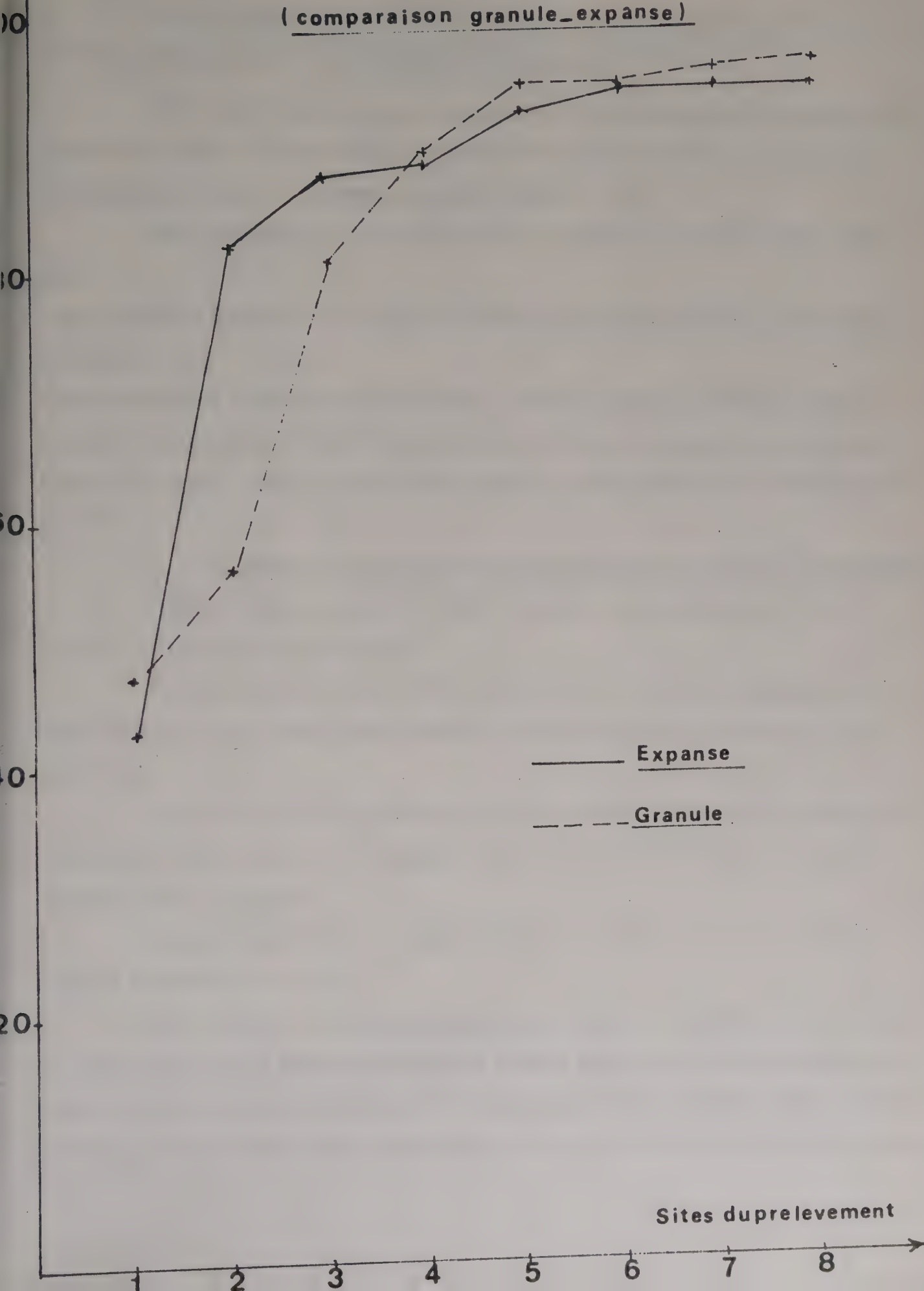
DIGESTIBILITE PARTIELLE DE L AMIDON

(Comparaison Cheval_Poney)



DIGESTIBILITE PARTIELLE DE L AMIDON CHEZ LE CHEVAL

(comparaison granule_expande)



2 - Influence de la présentation

L'écart type est plus important avec le granulé qu'avec l'expansé ; ce dernier atténuerait donc les variations individuelles.

Comme nous l'avons remarqué à propos de la matière sèche, la digestibilité partielle le long du jéjuno-iléon est plus élevée avec l'expansé ; par contre, la digestibilité totale est légèrement faible (schéma N° 11).

Nous retiendrons que la dégradation de l'amidon s'effectue de deux manières :

- + une digestion enzymatique le long de l'intestin grêle favorisée par l'expansion de l'aliment ;

- + une dégradation fermentaire au niveau de l'estomac avec une production d'acide lactique, et du caecum libérant des acides gras volatils, notamment chez le poney. Ceci nous a amené à doser l'acide lactique dans le contenu digestif du Cheval et du poney.

G) Teneur en acides lactiques des différentes parties du tube digestif

L'acide lactique atteint un taux très élevé dans l'estomac, de l'ordre de 1 g/l à 1,5 g/l (tableau N° 10).

D'après Argenzio et Coll (1974) (3) le pH de l'estomac est minimal 4 à 8 heures après le repas, tandis que la teneur en acide lactique est maximale dans le même temps.

Nos prélèvements étant effectués 3 - 4 heures après le repas la production d'acides lactiques tend vers son maximum. Cette production doit être reliée à la digestibilité de l'amidon.

Ce taux diminue dans le jéjuno-iléon pour s'annuler au niveau du gros intestin (schémas N° 12 et 13).

Contrairement à ce qui est classiquement admis, la digestion des glucides non cellulosiques chez les Equidés apparaît d'abord fermentaire dans l'estomac avec production d'acides lactiques avant d'être enzymatique dans l'intestin grêle, ce qui pourrait avoir des conséquences énergétiques et pathologiques. Sur le plan énergétique

TABIEAU N° 10

Taux d'acides lactiques (L et D) dans le contenu digestif

chez le Cheval et le poney

(en g/l)

		:	PONEY	:	CHEVAL	
Segment digestif	aliment	:		:		
		:	GRANULE	:	GRANULE	Expansé
Estomac	1	:	3,30 $\pm$ 2,08	:	2,02 $\pm$ 1,25	2,87 $\pm$ 0,92
Premier tiers du jéjuno-iléon	2	:	1,14 $\pm$ 0,54	:	2,02 $\pm$ 0,72	1,72 $\pm$ 0,65
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	:	1,34 $\pm$ 0,73	:	1,29 $\pm$ 0,4	1,89 $\pm$ 0,73
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	:	1,39 $\pm$ 1,20	:	1,16 $\pm$ 0,6	0
Caecum	5	:	0,24 $\pm$ 0,20	:	0	0
Côlon ventral	6	:	0,06 $\pm$ 0,04	:	0	0
Côlon dorsal	7	:	0,06 $\pm$ 0,04	:	0	0

Taux d'acides lactiques L & D dans le tube digestif

comparaison (cheval/poney)

Poney + + + + +

Cheval - - - - -

Sites du prelevement

g/l

3

2

1

0

1

2

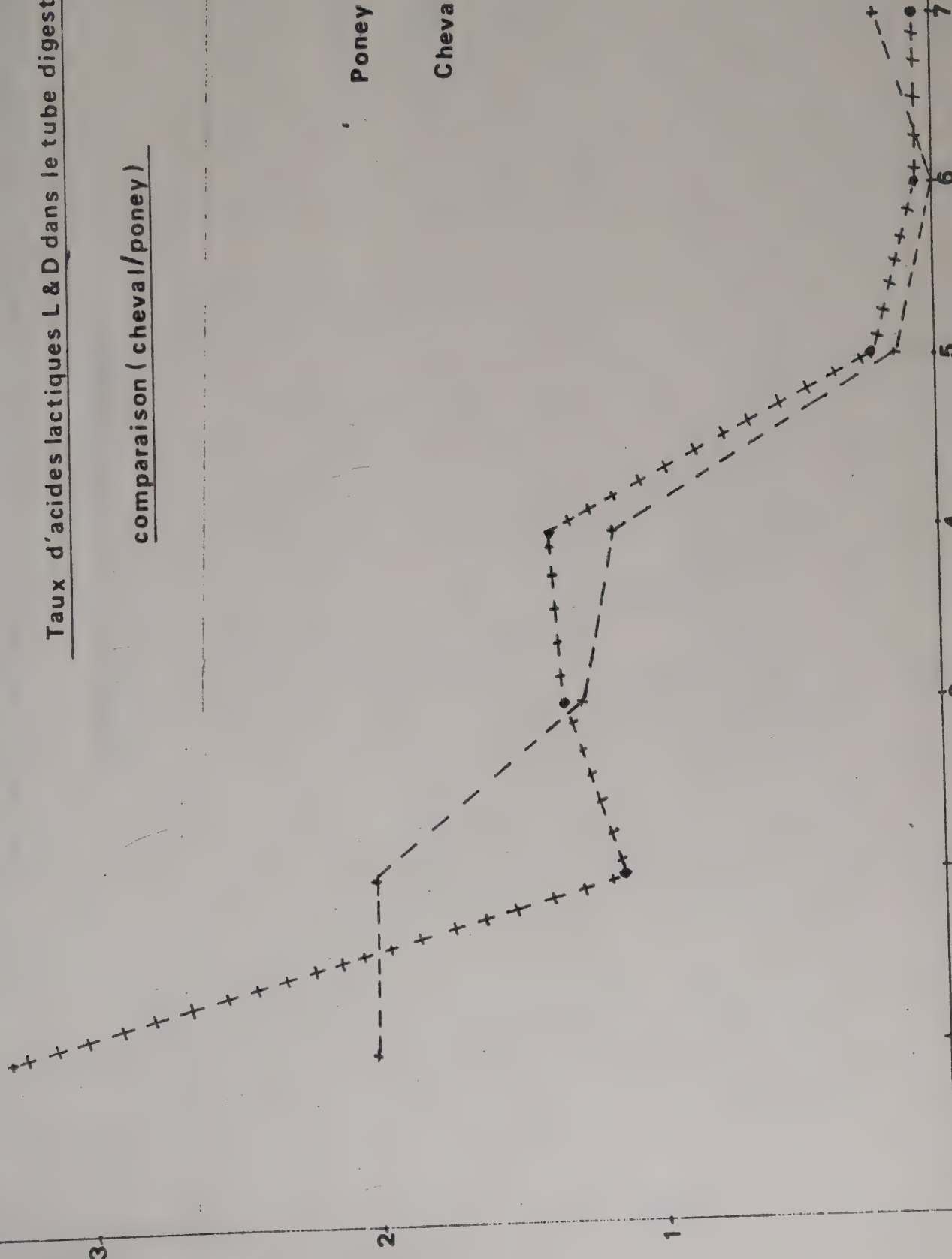
3

4

5

6

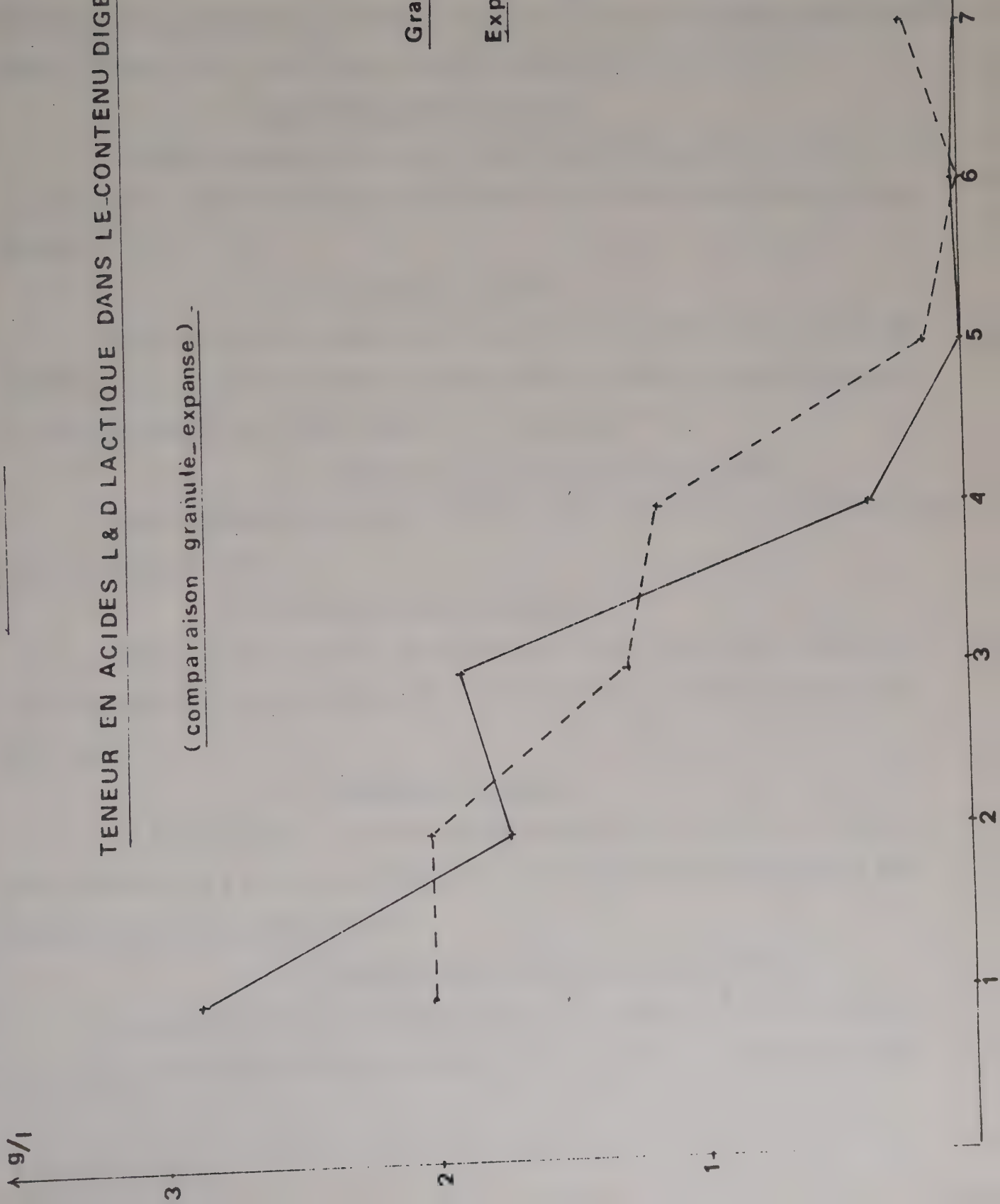
7



TENEUR EN ACIDES L&D LACTIQUE DANS LE CONTENU DIGESTIF DU CHEVAL

(comparaison granulé-expanse)

Granulé - - - - -
Expanse _____



la valorisation de l'amidon serait moins bonne que l'on pourrait l'espérer puisque l'absorption s'effectuerait partiellement sous forme d'acide lactique et non de glucose. Sur le plan pathologique cette fermentation lactique contribuerait à favoriser les accidents de fourbure bien que ceux-ci dérivent plus volontiers d'une fermentation lactique intracaecale lors de suralimentation brutale par des céréales, d'autant plus qu'il se forme non seulement l'acide L. lactique facilement métabolisé mais aussi l'isomère D. qui serait plus lentement dégradé dans l'organisme.

1 - Teneur en acide L. lactique

L'acide L. lactique est assez abondant dans l'estomac et le premier tiers du jéjuno-iléon, puis il régresse jusqu'à disparaître complètement dans le caecum (tableau N° 11).

a - Influence de l'espèce

Bien que le volume relativement plus faible ne semble pas favoriser les fermentations, la teneur en acide L. lactique dans l'estomac est plus élevée chez le poney par rapport au Cheval (tableau N° 11 et schéma N° 14).

b - Influence de la présentation de l'aliment

Nous n'avons pas observé de différences significatives entre les deux types d'aliment (schéma N° 15).

2 - Teneur en acide D. lactique

Les tableaux N° 11 et 12 montrent que la teneur en acide D. lactique serait sensiblement moins élevée dans les différentes parties du tube digestif que celui du L.

a - Influence de l'espèce

Le taux d'acide D. lactique est légèrement plus élevé dans l'estomac du poney (schéma N° 16) mais nous n'observons pas de différences significatives pour les autres parties du tube digestif.

b - Influence de la présentation de l'aliment

La teneur en acide D. lactique d'après le tableau N° 12 et le schéma N° 17 est significativement plus élevée au niveau de l'estomac et du jéjuno-iléon avec

TABLEAU N°11

Taux d'acide L. lactique chez le Cheval et le poney

(en g/l)

Segment digestif	aliment:	PONEY		CHEVAL	
		GRANULE		GRANULE	Expansé
Estomac	1	1,90 ± 1,23		1,50 ± 1,03	1,78 ± 0,58
Premier tiers du jéjuno-iléon	2	0,98 ± 0,43		1,99 ± 0,77	1,55 ± 0,60
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	1,05 ± 0,56		1,25 ± 0,37	1,70 ± 0,70
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	0,98 ± 0,62		1,10 ± 0,64	1,09 ± 0,59
Caecum	5	0,11 ± 0,07		0	0
Côlon ventral	6	0,05 ± 0,03		0	0
Côlon dorsal	7	0,06 ± 0,03		0	0

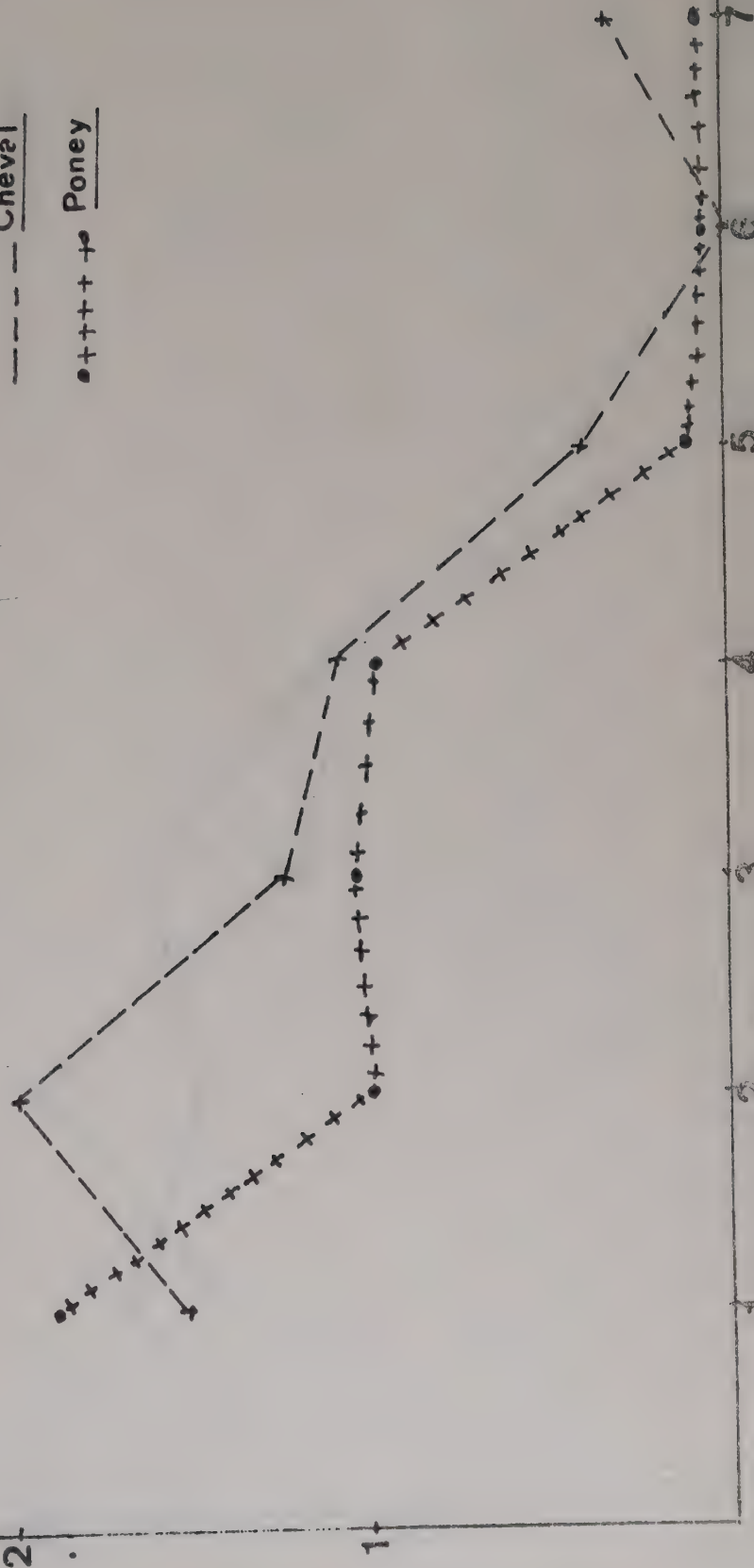
Acide L-Lactique
g/l

Schema N° 14

TAUX D'ACIDE L-LACTIQUE DANS LE TUBE DIGESTIF

(comparaison cheval - poney)

--- Cheval
●+++ Poney



Sites du prelevement

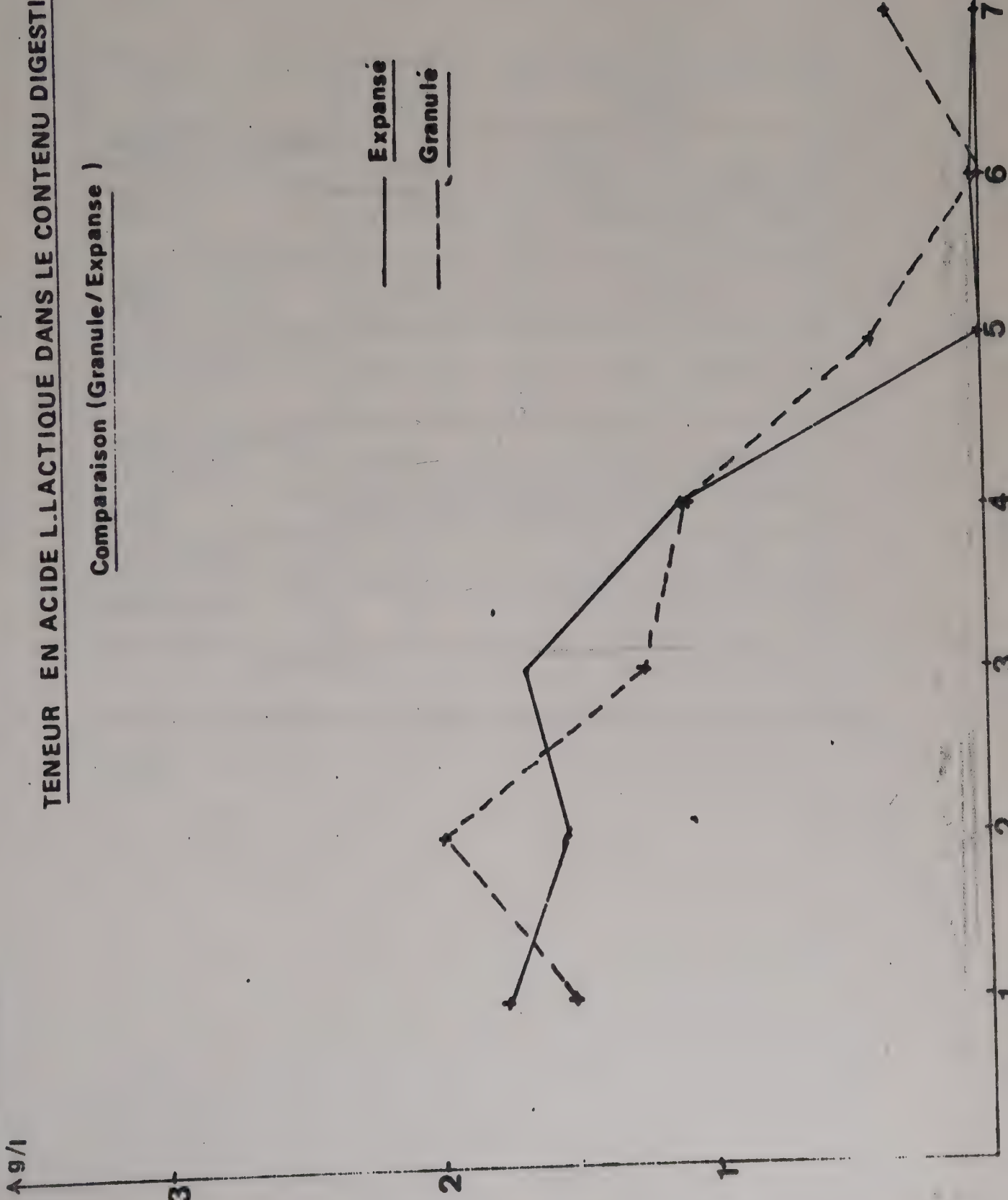
Acide L- Lactique

Schema N°15

TENEUR EN ACIDE L.LACTIQUE DANS LE CONTENU DIGESTIF DU CHEVAL

Comparaison (Granule/Expanse)

Expanse
Granule



Sites du prelevement

TABLEAU N°12
Taux d'acide D. lactique
(en g/l)

		PONEY	CHEVAL
Segment digestif	aliment	GRANULE	GRANULE : Expansé
Estomac	1	1,29 ± 0,72 : a	0,5 ± 0,33 : 1,0 ± 0,47 : b
Premier tiers du jéjuno-iléon	2	0,07 ± 0,07	0,03 ± 0,01 : 0,13 ± 0,1
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	0,13 ± 0,10 : c	0,04 ± 0,01 : 0,20 ± 0,11 : d
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	0,19 ± 0,10	0,07 ± 0,07 : 0,12 ± 0,09
Caecum	5	0,10 ± 0,10	0,09 ± 0,01 : 0
Côlon ventral	6	0	0 : 0
Côlon dorsal	7	0	0,09 ± 0,01 : 0

Les résultats affectés de lettres dissemblables diffèrent significativement. ($p < 0,05$)

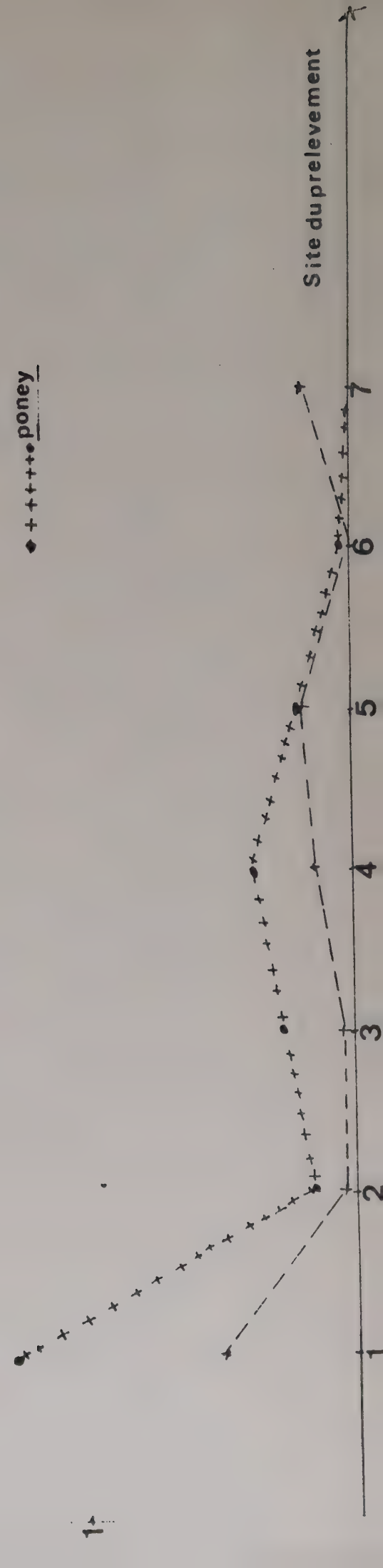
Acide D-Lactique
g/l

Schema N°16

TENEUR EN ACIDE D-LACTIQUE DU CONTENU DIGESTIF

(comparaison cheval - poney)

--- cheval
++++ poney



ACIDE D-LACTIQUE

Schema N°17

TENEUR EN ACIDE D-LACTIQUE DU CONTENU DIGESTIF CHEZ LE CHEVAL

(comparaison granule-expanse)

— Expanse
- - - Granule

g/l

Sitedu prelevement

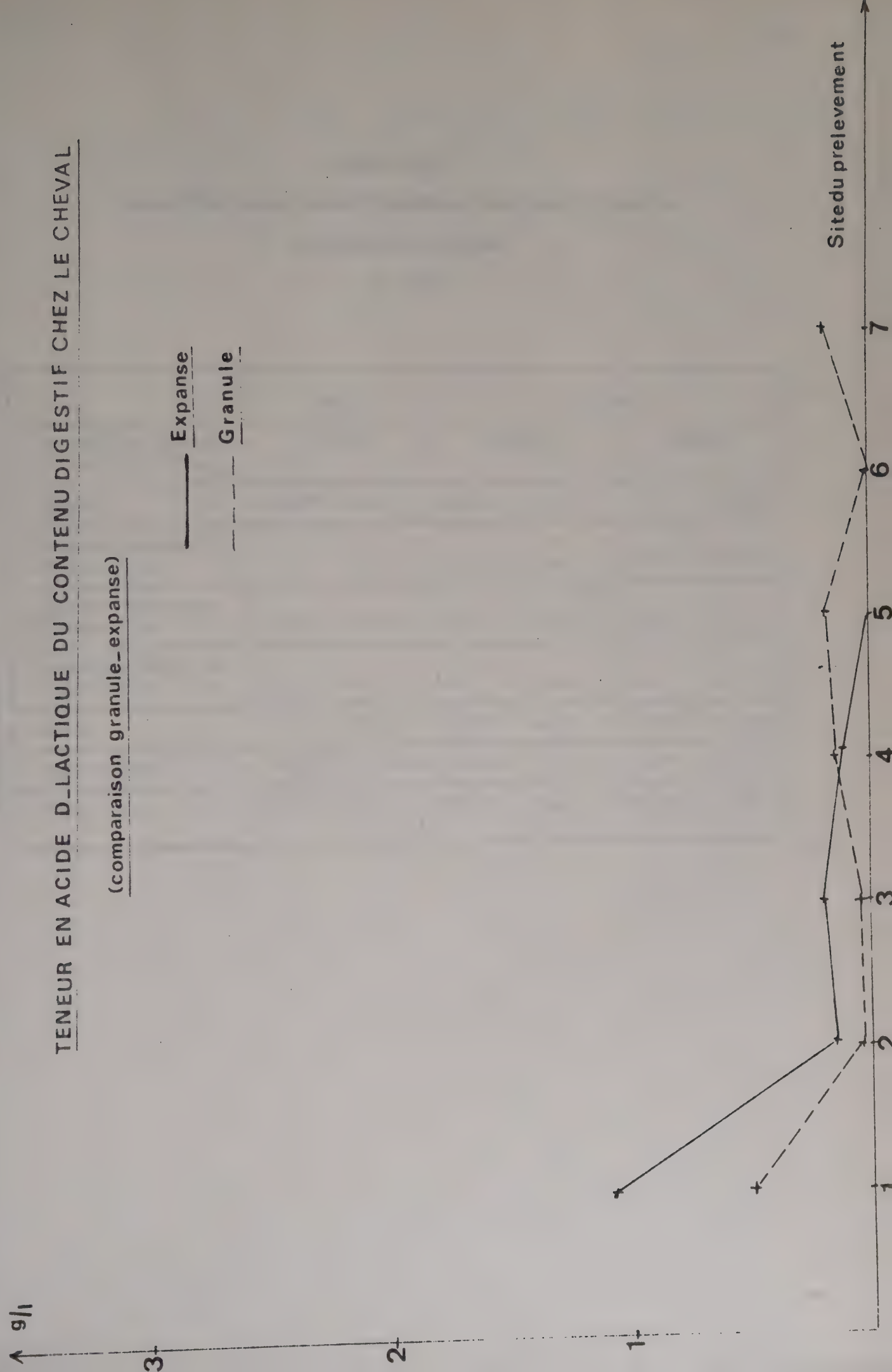


TABLEAU N°13

Taux d'NH₃ dans les différentes parties du tube digestif

du Cheval et du poney

(en mg/l)

		PONEY		CHEVAL	
Segment digestif	aliment	GRANULE	GRANULE	Expansé	
Estomac	1	216,70 ± 86,7	362,11 ± 67,62	331,16 ± 142,02	
Premier tiers du jéjuno-iléon	2	16 ± 14	524,72 ± 371,6	332,07 ± 220,68	
Deuxième tiers du jéjuno-iléon	3	13,7 ± 10,04	216,5 ± 77,12	177,25 ± 25,31	
Troisième tiers du jéjuno-iléon	4	26,5 ± 20,8	129 ± 73,05	161,3 ± 28,19	
Caecum	5	17,87 ± 10,5	69,16 ± 43,4	27,43 ± 20,48	
Côlon ventral	6	40,07 ± 35,06	212,2 ± 92,8	92,96 ± 80,59	
Côlon dorsal	7	110,71 ± 51,1	331,38 ± 104,4	228,79 ± 78,81	

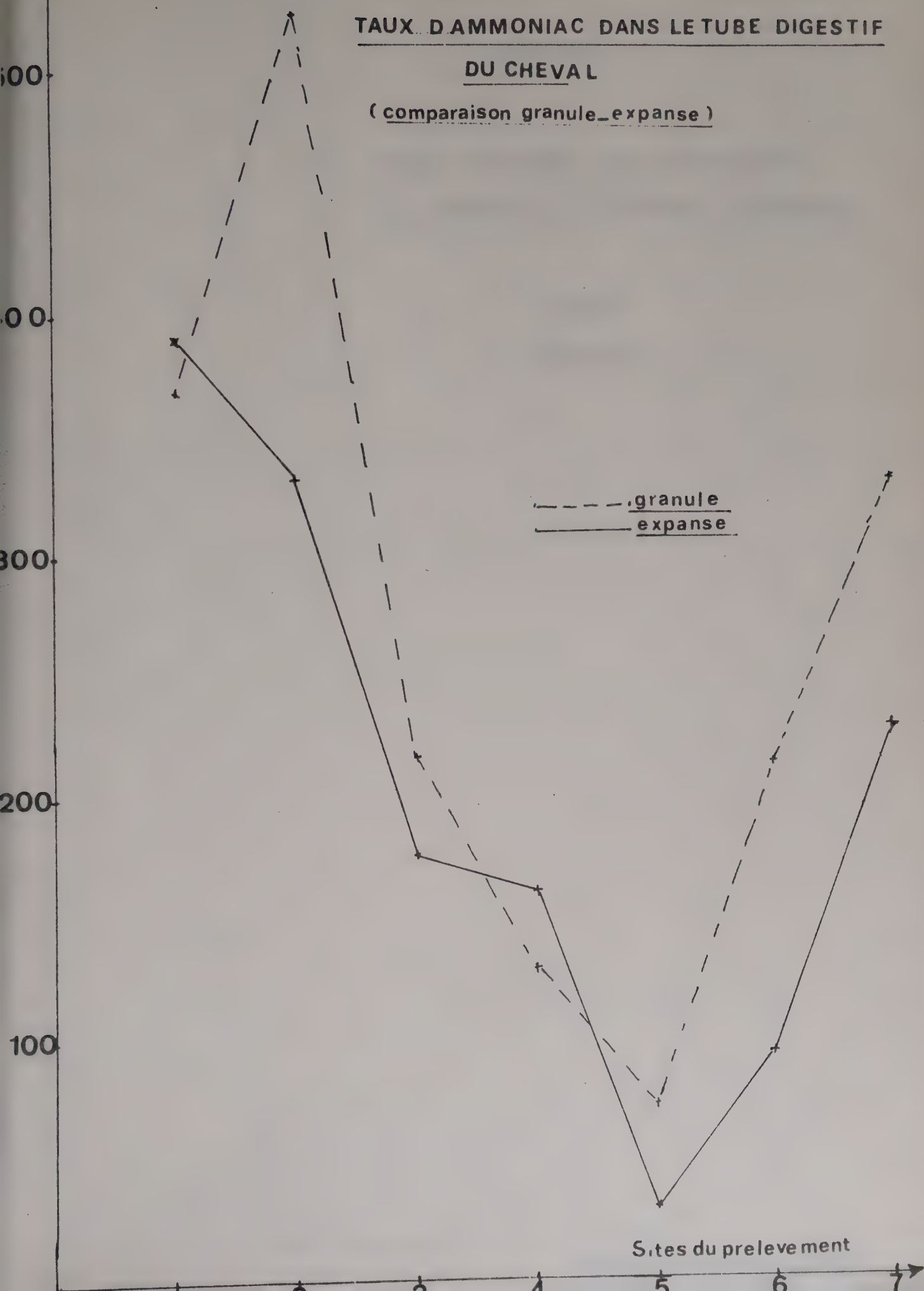
NH_3 mg/l

Schema N°18

TAUX D'AMMONIAC DANS LE TUBE DIGESTIF

DU CHEVAL

(comparaison granule_expense)

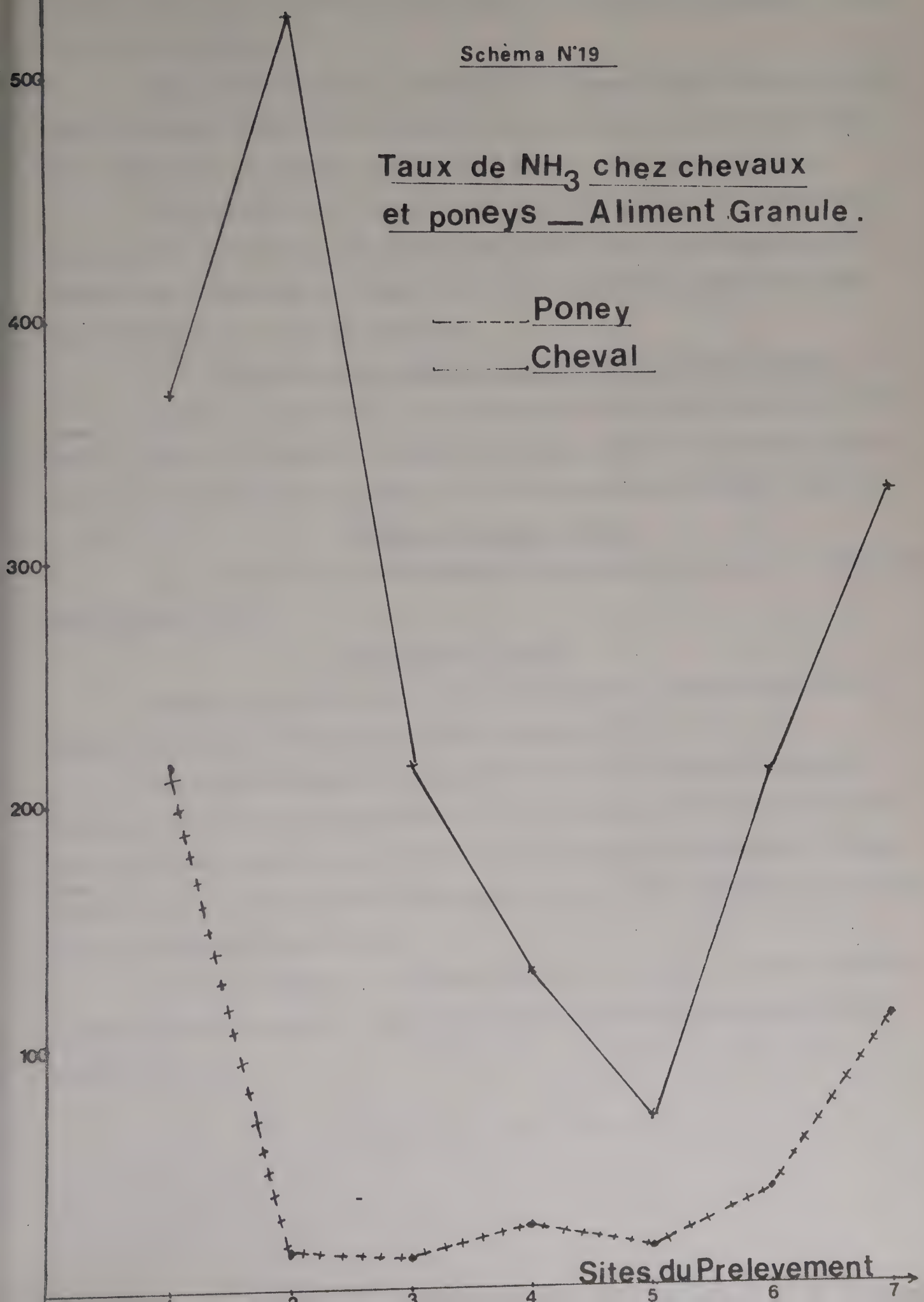


$\uparrow$ NH_3 mg/l

Schéma N°19

Taux de NH_3 chez chevaux
et poneys — Aliment Granule .

----- Poney
----- Cheval



un aliment type expansé. Cette teneur est nulle au niveau du gros intestin avec les deux formes d'aliments.

Nous retiendrons donc la production relativement marquée d'acide lactique dans l'estomac des Equidés. L'acide lactique ainsi produit est représenté par ses deux isomères L le plus abondant mais aussi D surtout avec l'aliment expansé.

Ces résultats vont à l'encontre des notions classiques sur la digestion chez les Equidés. Cependant, ils doivent être nuancés car les prélèvements ont été réalisés assez tardivement et il peut y avoir des modifications post-mortem comme semble l'indiquer le dosage de l'ammoniac.

G) Evolution de la teneur en ammoniac le long du tube digestif

D'après le tableau N° 1, nous constatons que le taux d'ammoniac est assez élevé au niveau de l'estomac et au début de l'intestin grêle. Nous observons ensuite une chute progressive jusqu'au caecum et un accroissement dans le côlon replié.

a - Influence de la présentation

Nous n'observons pas de différences significatives entre les deux types d'aliments (schéma N° 18).

b - Influence de l'espèce

Le taux d'ammoniac chez le poney est sensiblement moins haut que chez le Cheval, et ceci pour un même type d'aliment (schéma N° 19).

Les résultats figurant dans le tableau N°12 nous semblent trop forts en comparaison de ceux trouvés par HECKER 1971 (7) et Wolter et Coll 1977 (13). Ceci serait dû à des erreurs par excès lors des manipulations de prélèvements (stockage et analyses) et en particulier de dégradation des amino-acides favorisés par le temps séparant l'abattage du prélèvement.

Ce taux d'ammoniac ne pourrait être retenu en aucun cas comme référence. Il serait très intéressant de reprendre ces travaux en effectuant des prélèvements après l'abattage.

11.

191

191

191

191

e

191

191

191

191

191

191

191

191

191

191

191

191

191

191

191

191

191

CONCLUSIONS

En poursuivant les travaux de GOUY (1976 (6)), nous avons cherché à préciser les sites et niveaux de digestion de certains constituants de la ration chez les Equidés.

Nos essais ont été effectués sur 8 Chevaux et 4 poneys adaptés à un aliment granulé, ou expansé, distribué à raison de 6kg/j pour les Chevaux et 1,5kg pour 100kg de poids vif/j aux poneys en un seul repas le matin. Les animaux sont abattus afin de réaliser des analyses sur leur contenu digestif. Dans ces conditions d'expérience, il ressort que chez le Cheval :

- la digestion de l'amidon se déroule suivant deux processus dont l'importance relative dépend de la présentation de l'aliment :

* le premier, de type fermentaire, se déroule dans l'estomac où sont dégradés 40 p 100 de l'amidon avec production d'une quantité relativement importante d'acide lactique. Ces mêmes fermentations s'observent également dans le caecum et le gros côlon.

* le second, de type enzymatique, s'accomplit dans l'intestin grêle où 60 p 100 de l'amidon sont digérés ainsi que l'essentiel de l'extrait éthéré.

- Le pH est faible dans l'estomac, et augmente dans l'intestin grêle.

- La teneur en acide lactique total est relativement élevée dans l'estomac, avec une plus forte proportion de la forme L par rapport à la forme D.

Elle diminue dans l'intestin grêle, pour devenir presque nulle au niveau du gros intestin.

- En ce qui concerne l'ammoniac, des taux étonnamment élevés apparaissent dans les différents compartiments digestifs ; ils pourraient résulter d'une protéolyse post-mortem dans la mesure où les prélèvements n'ont pu être réalisés, que trois heures après abattage.

Chez le poney par rapport au Cheval, la digestion de l'amidon est plus précoce mais plus fugace ; ceci est lié à un pH très bas et des taux d'acides L et D lactique plus élevés dans l'estomac, le duodénum, et le début du jéjuno-iléon.

Ces essais mériteraient d'être repris en réalisant des prélèvements immédiatement après abattage. Ils pourraient être complétés avantageusement par la fistulisation du duodénum et du jéjuno-iléon.

Vu :

LE DIRECTEUR

de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon.

LE PROFESSEUR RESPONSABLE

de l'École Nationale Vétérinaire.

Vu :

LE DOYEN,

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

Vu et permis d'imprimer.....

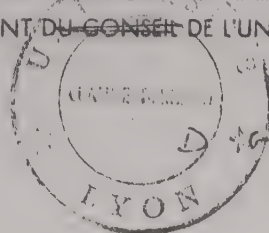
LYON, le

6 DEC 1977

19

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ

LYON I



BIBLIOGRAPHIE

- 1 ALEXANDER (C) and ELIZABETH DAVIES (M) :
Production and fermentation of lactate by bacteria in the alimentary canal of the horse and pig.
J. Comp. Path. 1963, 73, 1 - 8.
- 2 ARGENZIO (R.A), LOWE (J.E), PICKARD (D.W) and STEVENS (C.E) :
Digesta passage and water exchange in the equine large intestine.
Am. J. Physiol. 1974, 226 (5), 1035 - 1042.
- 3 ARGENZIO (R.A), SOUTHWORTH (M) and STEVENS (C.E) :
Sites of organic acid production and absorption in the equine gastrointestinal tract.
Am. J. Physiol. 1974, 226, (5), 1043 - 1050.
- 4 BARONE (R) :
Anatomie comparée des Mammifères domestiques : Tome III Splanchnologie - Foetus et ses annexes.
Fascicule 1 : Appareils digestif et respiratoire (Laboratoire d'Anatomie, Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon 1976).
- 5 CHARLIER (C), VAN ELNAEME (E), CANART (B), PONDANT (A), LAMBOT (O) et BIENFAIT (JM):
Méthode de dosage semi-automatique de l'amidon et du glucose dans les aliments pour bétail .
Am. Med. Vet. 1974, 118, 201 - 204.
- 6 GOUY (D) :
Une étude de la digestion chez les Equidés par analyse du contenu intestinal, après abattage.
Thèse Doct. Vet. Lyon , 1976.

- 7 HECKER (J.F) :
Ammonia in the large intestine of herbivores.
Br. J. Nutr. 1971, 26, 135 - 145.
- 8 KERN (D.L), SLYTER (L.L), WEAVER (J.M), LEFFEL (EC), SAMUELSON (G) :
Caecum du poney comparé au rumen du Boeuf : les effets de l'avoine et du foin sur l'écosystème microbien.
J. Anim. Sci. 1973, 37, (2) 463 - 469.
- 9 KOLB (E) :
Physiologie des animaux domestiques.
1 volume, 775 pages, Vigot Frères, Paris, 1975.
- 10 MICHEL (M.C) :
Analyse quantitative de quelques substances azotées et glucidiques en milieu biologique : essai de rationalisation.
Thèse d'ingénieur : Docteur 1971.
- 11 VAN BENAEME (C), BIENFAIT (J.M), LAMBOT (O) et PONDANT (A) :
Détermination automatique de l'ammoniaque dans le liquide du rumen par la méthode de BERTHELOT adaptée à l'autoanalyseur.
Ann. Med. Vet. 1969, 113, 419 - 429.
- 12 WOLTER (R) :
L'alimentation du Cheval.
1 volume, 180 pages, Vigot Frères , Paris 1975.
- 13 WOLTER (R), DURIX (A) :
Digestibilité et activité biochimique intracaecale chez le poney recevant un même aliment complet présenté sous forme granulée, expansée ou semi-expansée.
Annale de Zootechnie. Sous presse.
- 14 WOLTER (R), DURIX (A), LETOURNEAU (J.C) :
Influence de mode de présentation d'un aliment complet sur la vitesse du transit et la digestibilité chez le poney.
Ann. Zootech. 1976, 25, (2), 181 - 188.

15 WOLTER (R), GOUY (D) :

Etude expérimentale de la digestion chez les Equidés par analyse du contenu intestinal après abattage.

Revue Med. Vet. 1976, 12, 1723 - 1736.

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I.....	2
A) Conditions expérimentales.....	2
1 - Les aliments.....	2
2 - Les animaux.....	4
3 - Récolte des matières fécales.....	5
4 - Récolte du contenu du tube digestif.....	5
5 - Préparation des échantillons.....	7
B) Techniques d'analyses.....	7
1 - Dosage du chrome.....	7
2 - Dosage des éléments usuels.....	8
a - Extrait éthéré.....	9
b - pH.....	9
3 - Dosage de l'amidon.....	9
a - Extraction des sucres éthanalososolubles.....	9
b - Hydrolyse de l'amidon	9
b - 1) Gélatinisation.....	10
b - 2) Hydrolyse enzymatique.....	10
c - Dosage calorimétrique du glucose.....	10
4 - Dosage de l'ammoniac.....	10
5 - Dosage de l'acide L et D lactique.....	10
C) Expression des résultats.....	13
1 - Digestibilité totale.....	13
2 - Digestibilité partielle.....	14
3 - Pourcentage digéré dans une portion du tube digestif.	14
CHAPITRE II.....	15

A) Comparaison du poids de l'ensemble et de chacun des segments du contenu digestif chez le Cheval et le poney...	15
B) Humidité du contenu du tube digestif.....	17
1 - Influence de l'espèce.....	17
2 - Influence de la présentation de l'aliment.....	17
C) Digestibilité de la matière sèche.....	21
D) Digestibilité de l'extrait éthéré.....	21
E) Mesure du pH.....	26
1 - Influence de l'espèce.....	26
2 - Influence de la présentation de l'aliment.....	26
F) Digestibilité de l'amidon.....	26
1 - Influence de l'espèce.....	30
2 - Influence de la présentation de l'aliment.....	34
G) Teneur en acides lactiques des différentes parties du tube digestif.....	34
1 - Teneur en acide L. lactique.....	38
a - Influence de l'espèce.....	38
b - Influence de la présentation de l'aliment.....	38
2 - Teneur en acide D. lactique.....	38
a - Influence de l'espèce.....	38
b - Influence de la présentation de l'aliment.....	38
H) Evolution de la teneur en ammoniac dans les segments successifs du tube digestif.....	48
a - Influence de l'espèce.....	48
b - Influence de la présentation.....	48
CONCLUSIONS.....	49
BIBLIOGRAPHIE.....	50

